



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

PERÚ
NATURAL

Monitoreo de las
Condiciones Favorables para
la Ocurrencia
de Incendios sobre la
Cobertura Vegetal
CFOI



Incendio forestal en el sector Chakimayo - Santuario Histórico de Machupicchu.



Monitoreo de las
Condiciones Favorables para
**la Ocurrencia
de Incendios sobre la
Cobertura Vegetal
CFOI**

AGRADECIMIENTOS

A todas las instituciones que han contribuido con información para la elaboración del documento "Monitoreo de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI": Gobierno Regional de Apurímac, Gobierno Regional del Cusco, Gobierno Regional de Piura, Gobierno Regional de Puno y al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP, en especial al Santuario Histórico de Machupicchu (SHM).



Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas, distrito de Huancabamba.

Foto: © Mayo López / PROMPERU

MONITOREO DE LAS CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

Autor:

Ministerio del Ambiente

Editado por:

© **Ministerio del Ambiente**

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los
Recursos Naturales

Dirección General de Ordenamiento Territorial
Ambiental

Dirección de Monitoreo y Evaluación de los
Recursos Naturales del Territorio

Av. Antonio Miroquesada n.º 425, Magdalena del Mar
Lima, Perú

Imágenes: © Ministerio del Ambiente. Ejército del
Perú, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas
por el Estado - SERNANP, PROMPERU, Gobierno
Regional de Puno, Gobierno Regional de Cusco y
Gobierno Regional de Apurímac.

Primera edición, diciembre de 2019



Durante el 2019 se presentaron incendios alrededor
de la Ciudadela de Machupicchu.

ÍNDICE

Pág.	
12	Lista de Siglas y Abreviaturas
14	Presentación
18	Introducción
22	1. Finalidad
	2. Objetivo
	3. Alcance
23	4. Marco Normativo
28	5. Marco Conceptual
	5.1 Conceptos: quema agrícola, incendios de la cobertura vegetal, incendio forestal, fuego y focos de calor
35	5.2 Tipos de Incendios sobre la Cobertura Vegetal
36	5.3 Modelamiento para la clasificación de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal.
38	5.3.1 Métodos de clasificación
	5.3.2 Datos de registro, insumo para el modelo
40	5.3.3 Datos de entrenamiento y validación
	5.3.4 Variables territoriales (capas)
42	6. Metodología para la determinación de las zonas con Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI

pág.	
43	6.1 Diseño Conceptual
44	6.2 Aplicación del modelo
45	6.3. De las variables representativas
52	6.4 El Registro de Incendios
56	6.5 Implementación del modelo
57	6.6 Almacenamiento de la base de datos
	6.7 Información Generada
	6.7.1 Reporte mensual de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios- CFOI
	6.7.2 Reporte quincenal del registro de incendios
	6.7.3 Servicio CFOI
60	
62	7. Resultados
	7.1 Análisis comparativo
	7.1.1 El fuego en los ecosistemas
	7.1.2 Recurrencia histórica de los Incendios y el resultado CFOI
	7.1.3 Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las condiciones CFOI
65	
66	
70	8. Conclusiones
74	9. Recomendaciones
78	10. Bibliografía
80	11. Anexos

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANP

Áreas Naturales Protegidas

BRT

Boosted Regression Tree
(Modelo de árbol de regresiones)

ICV

Incendios de la Cobertura
Vegetal

IF

Incendio Forestal

CENEPRED

Centro Nacional de Estimación,
Prevención y Reducción del
Riesgo de Desastres

CFOI

Condiciones Favorables para la
Ocurrencia de Incendios sobre la
Cobertura Vegetal

DEM

Modelo Digital de Elevación

FAO

Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación y la
Agricultura

NASA

Administración Nacional de la
Aeronáutica y del Espacio

NDVI

Índice de Vegetación Diferenciada
Normalizada

OTCA

Organización del Tratado de
Cooperación Amazónica

PCM

Presidencia del Consejo de
Ministros

PLANAA

Plan Nacional de Acción
Ambiental

RDT

Modelo del Árbol de Decisiones
(Regression Decision Tree)

ROF

Reglamento de Organización y
Funciones

SENAMHI

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú

SINAGERD

Sistema Nacional de Gestión del
Riesgo de Desastres

SINPAD

Sistema Nacional de Información
para la Prevención y Atención
de Desastres

SRTM

Misión Topográfica Shuttle Radar
(proyecto internacional entre
la Agencia Nacional de
Inteligencia Geoespacial NGA y la
Administración Nacional de la
Aeronáutica y del Espacio NASA)

TWI

Índice topográfico de humedad

SERFOR

Servicio Nacional Forestal y de
Fauna Silvestre



Incendio forestal en el Santuario Histórico Bosque de Pómac,
departamento de Lambayeque.

PRESENTACIÓN

El presente documento busca proveer una herramienta metodológica para identificar áreas que presentan condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal, en el marco de los estudios para establecer el riesgo a nivel territorial y, consecuentemente, brindar información a todos los actores vinculados a esta problemática, a partir de la cual puedan tomar acciones de carácter preventivo.

Los incendios ocasionan efectos adversos en los diferentes ecosistemas del país y usos de la tierra, así como en los diferentes sectores, originando pérdidas económicas y en algunos casos pérdida de vidas humanas. Si bien es cierto, el desencadenante de un incendio sobre la cobertura vegetal se debe en un 98 % a las acciones del hombre (Manta, 2017), las condiciones físicas —biológicas— y climáticas deben estar presentes para que se produzca la ignición y se propague el fuego.

Según el reporte de emergencias de eventos recurrentes registradas por el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD)¹ desde el año 2003 a julio 2019, la presencia de los incendios forestales va en aumento, y esto varía por departamento debido a las particularidades físicas, biológicas y climáticas propias de cada territorio.

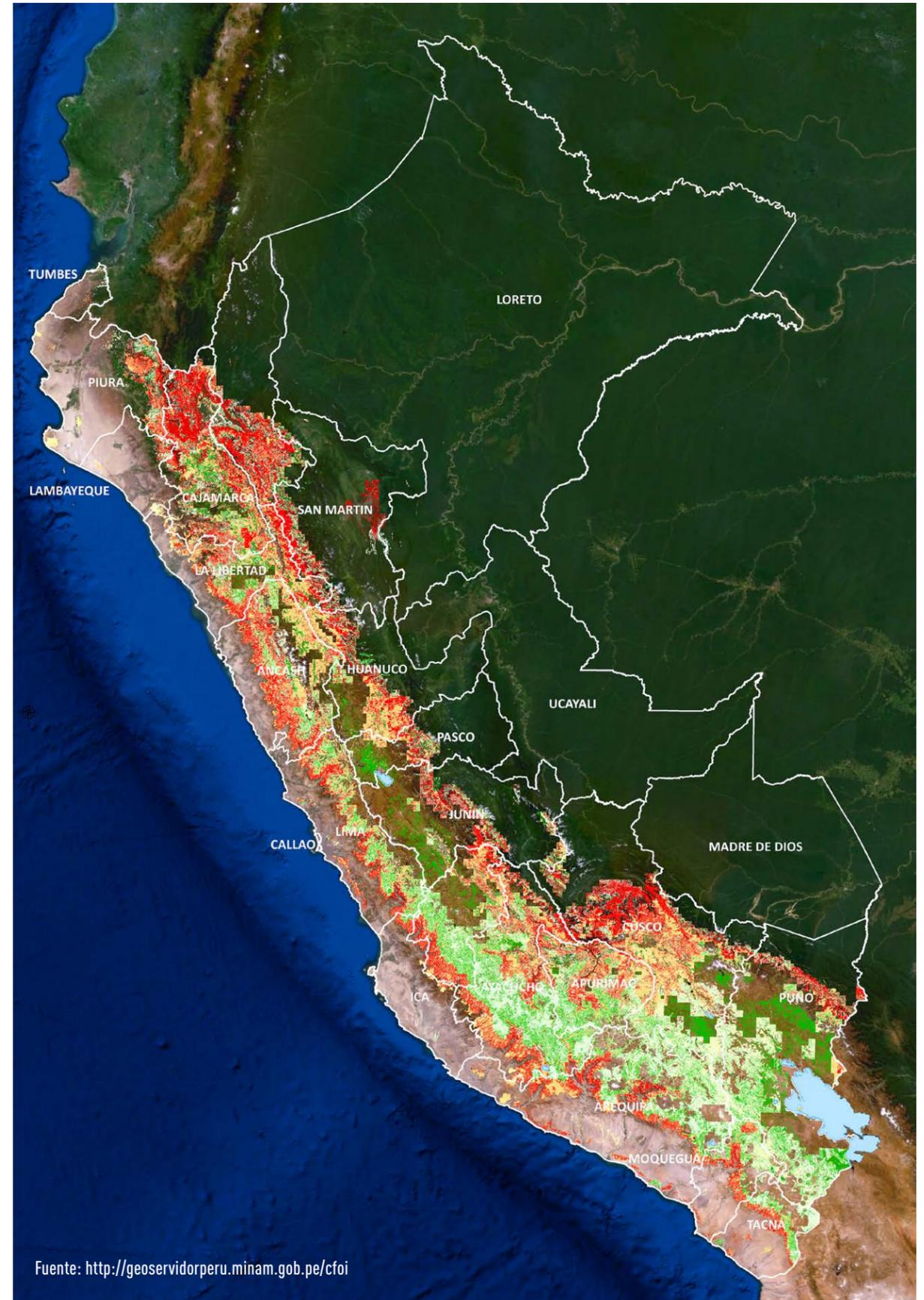
De acuerdo al “Plan bicentenario: el Perú hacia el 2021”, en el eje estratégico 6: recursos naturales y ambiente, resalta la importancia de la riqueza y

diversidad de los recursos naturales del país, entre ellos el bosque como proveedor de servicios y un ecosistema frágil.

El Ministerio del Ambiente (MINAM), al aprobar el reglamento de organización y funciones (ROF) mediante Decreto Supremo n.º 002-2017-MINAM, considera importante establecer la política, los criterios, las herramientas y los procedimientos de carácter general para el ordenamiento territorial ambiental, en coordinación con los tres niveles de gobierno y conducir su proceso, así como conducir el diseño e implementación del monitoreo y la evaluación de los ecosistemas y la biodiversidad en el ámbito de su competencia, en coordinación con las entidades correspondientes.

Asimismo, el MINAM —al ser parte del Programa Presupuestal 068: reducción de la vulnerabilidad y atención de Emergencias por desastres— participa en el desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial. En ese contexto, el presente documento aporta a la identificación en el territorio de zonas que presentan condiciones físicas, biológicas, y climáticas favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal y sienta las bases para el desarrollo de la actividad de monitoreo en relación a los incendios que en general afectan los ecosistemas, los servicios ecosistémicos y medios de vida de la población.

Gráfico n.º 1: Mapa Nacional de los niveles de Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI



Fuente: <http://geoservidorperu.minam.gob.pe/cfoi>

¹Instituto Nacional de Defensa Civil



Acciones de control y liquidación del incendio sobre la cobertura, zona de amortiguamiento de las Áreas Naturales Protegidas del Complejo Vilcabamba – Parque Nacional Otishi y Reserva Comunal Ashaninka.

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país con una gran biodiversidad, presenta más de un 75 % del total del planeta con este potencial, y se ubica en el segundo lugar, a nivel de Sudamérica en bosques naturales, y noveno lugar a nivel mundial (FAO, 2004), además de presentar otros tipos de vegetación natural en los ecosistemas costeros, andinos y amazónicos.

La cobertura vegetal, y toda la biodiversidad que alberga, es afectada por recurrentes incendios originados fundamentalmente por la intervención humana, ocasionando efectos adversos en los diferentes ecosistemas presentes en el Perú. Solo en la Amazonía, como resultado de actividad agrícola migratoria (Manta, 2004) se han deforestado entre los años 2001 - 2017 alrededor de 2 130 122 ha². En este proceso se han sucedido reiteradas quemaduras de los bosques primarios y secundarios; asimismo, los pastos naturales ubicados en la sierra y costa peruana son afectados anualmente por el descontrol del fuego.

El impacto de los incendios sobre la cobertura vegetal reduce la tasa de crecimiento de los bosques supervivientes al incendio, genera muerte y migración de la fauna silvestre, pérdida de la biodiversidad, transformación de los suelos e incremento de la erosión, contaminación del aire, reducción de servicios de regulación hídrica del ecosistema, mayor incidencia en derrumbes e inundaciones, incluso la aparición de plagas y enfermedades en los bosques debilitados por dichos incendios.

Parte de esta problemática es la carencia de datos estadísticos relacionados al registro histórico de incendios y su distribución espacial, así como su relación con las condiciones favorables que se encuentran presentes en el momento de la aparición del incendio, aspecto que debe ser la base para el entendimiento de este fenómeno y de la generación de las políticas de Estado para atenderlo, desde una óptica de prevención y reducción del riesgo.

En ese contexto, la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA) del MINAM, en el marco de sus funciones, desarrolla el servicio de monitoreo de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal, cuyo proceso metodológico se basa en el análisis de las condiciones físicas, biológicas y climáticas, debido a que el incendio puede originarse a partir de una quema, pero este puede verse agravado por las condiciones territoriales existentes, llegando a ser incontrolable y arrasando extensas hectáreas de bosques, pastos, entre otros tipos de coberturas vegetales presentes en los diferentes ecosistemas del Perú.



Incendio forestal en el cerro Azoguini, departamento de Puno.

Foto: © COFER - Oficina Regional de Gestión del Riesgo de Desastres y Seguridad - Gobierno Regional

²<http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>



Cicatriz de incendio en pajonal, tomada en la comunidad campesina de Toraya, distrito de Toraya, provincia de Aymaraes – Apurímac.



Áreas agrícolas en el distrito de Leymebamba, departamento de Amazonas.

Foto: © Witman García / Ministerio del Ambiente

1. Finalidad

Brindar información periódica de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal (ICV) para contribuir a las actividades de prevención y mitigación de desastres por incendios forestales y a la conservación de los ecosistemas.

2. Objetivo

Proveer de información oportuna de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal (ICV) a los gestores locales y tomadores de decisión, a fin de contribuir en las actividades de mitigación, prevención y reducción del riesgo de desastres por incendios sobre la cobertura vegetal que afectan los ecosistemas y medios de vida de la población.

3. Alcance

El presente documento constituye una herramienta de escala general aplicable a todo el país, con resolución espacial de 250 metros, con una temporalidad mensual.

4. Marco normativo

- Constitución Política del Perú, Art. 2 - Literal 22; 66; 67 y 68
- Ley n.º 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
- Ley n.º 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- Ley n.º 28611, Ley General del Ambiente
- Decreto Legislativo n.º 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente Decreto Supremo n.º 087-2004-PCM, que aprueba el Reglamento de la Zonificación Ecológica y Económica

- Decreto Supremo n.º 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente, donde la temática de incendios se inscribe en el Eje de Política 1: conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, derivándose de ello cuatro lineamientos de política:

Bosque: inciso b) Prevenir la reducción y degradación de bosques y sus recursos, por prácticas ilegales como tala, quema, comercio y cambio de uso de la tierra.

Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: inciso b) Establecer sistemas de monitoreo, alerta temprana y respuesta oportuna frente a los desastres naturales asociados al cambio climático, privilegiando a las poblaciones más vulnerables.

Desarrollo Sostenible de la Amazonia: inciso e) Proteger los bosques primarios amazónicos y reducir gradualmente la tala, roza y quema para fines agropecuarios, desarrollando alternativas productivas de uso del bosque en pie, como el ecoturismo, manejo de bosques y otras actividades. Establecer sistemas de monitoreo, alerta temprana y respuesta oportuna frente a los desastres naturales asociados al cambio climático, privilegiando a las poblaciones más vulnerables.

Ordenamiento Territorial: inciso b) Incorporar en los procesos de Ordenamiento Territorial el análisis del riesgo natural y antrópico, así como las medidas de adaptación al cambio climático.

- Mediante Resolución Ministerial n.º 026-2010-MINAM se aprueba los lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial, siendo en el lineamiento 1.4: fortalecer las Áreas Naturales Protegidas (ANP), y el Lineamiento 3.1: identificar y evaluar las zonas de alto riesgo a procesos de origen natural y/o antrópico, para agenciar e implementar medidas de gestión, correctivas y prospectivas, así como estrategias de prevención de desastres.
- Mediante Decreto Supremo n.º 054-2011-PCM se aprueba el Plan Bicentenario: del Perú hacia el 2021, siendo en el eje estratégico 6: recursos naturales y ambiente, donde se resalta la importancia de la riqueza y diversidad de los recursos naturales del país, entre ellos el bosque, como proveedor de servicios y un ecosistema frágil.
- Mediante Decreto Supremo n.º 014-2011-MINAM se aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA PERÚ: 2011-2021, donde la temática de incendios está comprendida en la meta 4: bosques y cambio climático, acción estratégica 4.8: gestionar el riesgo de desastres e incorporarlo en el sistema de planificación y presupuesto a nivel nacional, regional y local; y, meta 7: gobernanza Ambiental, Acción Estratégica 7.19: desarrollar investigación orientadas a la gestión del riesgo ante peligros naturales y antrópicos.
- Mediante Decreto Supremo n.º 002-2017-MINAM, se aprueba al Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Ministerio del Ambiente. En su artículo 59 se lista las funciones de la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental, disponiendo en su inciso h) conducir el diseño e implementación del monitoreo y evaluación de los ecosistemas y la biodiversidad en el ámbito de su competencia, en coordinación con las entidades correspondientes.
- Ley n.º 29664, ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Supremo n.º 048-2011-PCM Reglamento de Ley n.º 29664, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Resolución Suprema n.º 193-2012-PCM Creación de la Comisión Multisectorial del Programa Presupuestal por Resultados 068 "Reducción de Vulnerabilidades y Atención de Emergencia por Desastres".

Cuadro rt. 01: Rol Ejecutor del Sector Ambiente en materia de Incendios Forestales dentro del SINAGERD

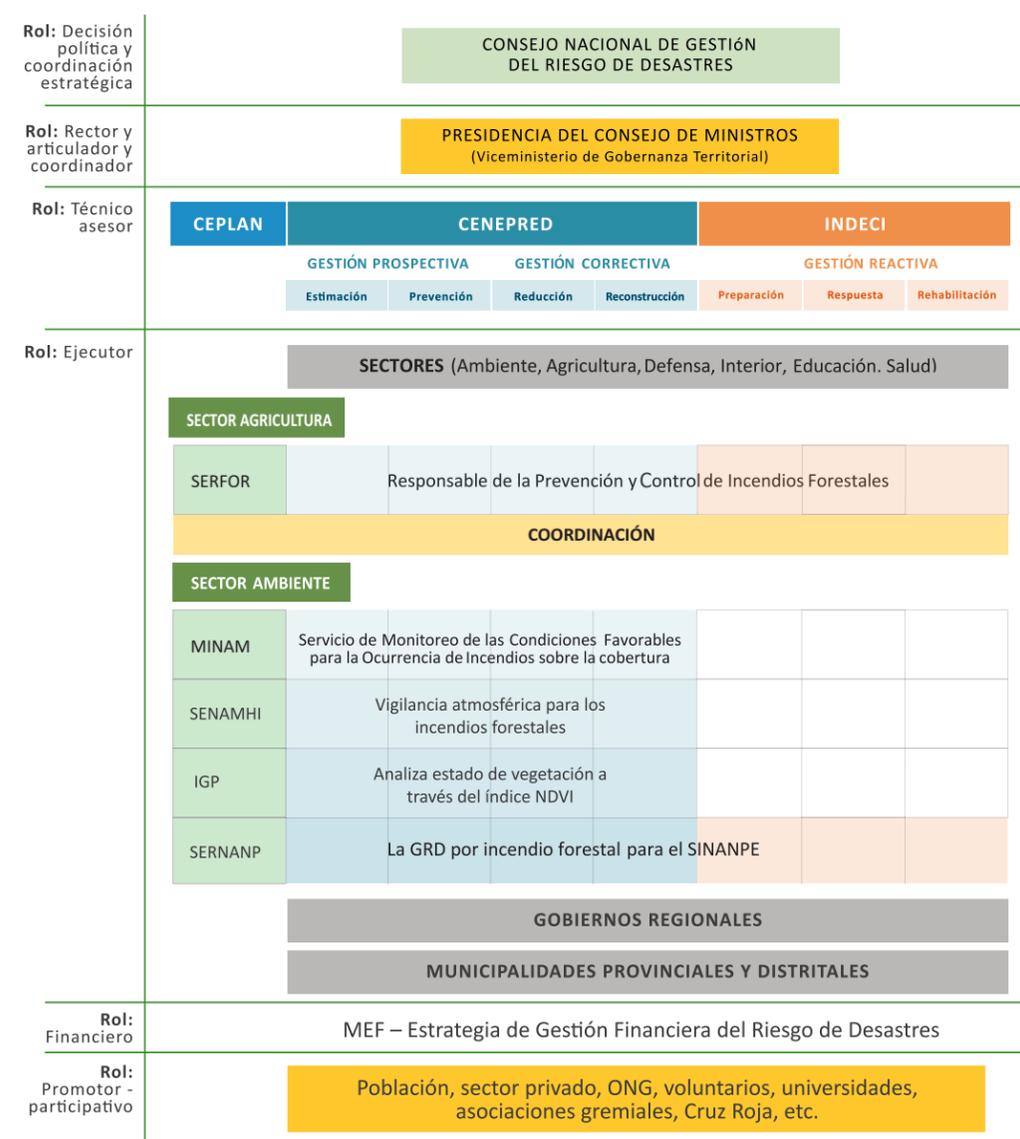


Gráfico n.º 2: CFOI y su articulación

LA INFORMACIÓN DEL CFOI



PERMITE la toma de decisiones oportunas de los actores y gestores locales, que actúan directamente en su territorio.



CONTRIBUYE a la conservación de los servicios ecosistémicos



GENERA insumos para el “Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales” (Iniciativa SERFOR).



APORTA al “Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana para la Prevención de Incendios Forestales”, en su componente de prevención.



ARTICULACIÓN

Con instituciones que comparten la problemática y que tienen como rol y función el uso sostenible, la conservación y la protección de los ecosistemas.

INFORMACIÓN ÚTIL PARA



- Ministerios gobiernos regionales, gobiernos locales
- Investigadores
- Estudiantes, ciudadanía en general



Incendio producido en pajonal, Huayllabamba – Cusco.

5. Marco conceptual

5.1 Conceptos: quema agrícola, incendios de la cobertura vegetal, incendio forestal, fuego y focos de calor

- **Quema agrícola:** actividad referida a la quema de restos vegetales que quedan después de las faenas agrícolas y forestales en zonas rurales (CONAF, 2019).

Es una práctica tradicional, donde el interesado busca eliminar malas hierbas, plantas muertas, enfermedades de las plantas o plagas, regenerar pastos o aumentar la producción de las futuras cosechas bajo su concepción tradicional transmitida culturalmente.



- **Incendios de la cobertura vegetal (ICV):** se consideran como perturbaciones ecológicas de efectos discretos o difusos, graves o destructivos, producidos por el fuego de origen natural o antrópico, cuya dinámica responde fundamentalmente a la concurrencia simultánea de condiciones de un mismo sitio (tipo de vegetación, cantidad de combustible, oxígeno, condiciones meteorológicas, topográficas, actividades humanas, entre otras) las cuales se desarrollan sin control ni límites preestablecidos sobre terrenos con alguna clase de cobertura vegetal (natural, cultivada o inducida), utilizando como fuente de combustible la vegetación viva o muerta y, por el riesgo que representa para los sistemas naturales o sociales deben prevenirse o extinguirse.





Incendios que afectan los ecosistemas alterando su biodiversidad.

Foto: © SERNAMP



Incendio forestal producido cerca de la fortaleza de küelap, ubicada en el distrito de Tingo, provincia de Luya, Amazonas.

Foto: © Ejército del Perú



Incendio forestal en Madre de Dios.

Foto: © MINAM



Incendio que afectó pastos naturales y arbustos, distrito de Pucará, provincia de Lampa, noviembre 2016.

Foto: © COER - Oficina Regional de Gestión del Riesgo de Desastres y Seguridad - Gobierno Regional de Puno

Existen diversos conceptos para definir quemas e incendios forestales sobre la cobertura vegetal. En el Perú tenemos algunos estudios que definen los incendios forestales, que se citan a continuación:

- **Incendio forestal:** fuego no deseado de cualquier origen, que no es estructural, que se propaga sin control en los recursos forestales, causando daños ecológicos, económicos y sociales (SERFOR, 2017)

Manta y León (2004) definen que incendio forestal se refiere a aquellos fuegos que ocurren sobre la vegetación que crece en tierras de producción forestal (F) y tierras de protección (X). Asimismo, se denomina pequeños incendios a aquellos menores de 1.5 ha.

El Centro para la Sostenibilidad Ambiental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, en su boletín sobre quemas agropecuarias e incendios forestales (CSA-UPCH 2010) dice que, en la sierra y la selva del Perú, la presencia de fuego se debe principalmente a la práctica masiva de realizar quemas. La época usual para esta práctica es entre julio y diciembre, la que coincide con la época seca o verano regional y donde se encienden tanto pastos, purmas, como bosques recién tumbados. El objetivo de esta práctica es muy variado: desbrozar el suelo, fertilizarlo con la ceniza de las plantas, ahuyentar alimañas, e incluso para atraer la lluvia.

En apariencia, el fuego resulta ser más práctico y económico que desbrozar a mano o con maquinaria, o comprar fertilizante. Sin embargo, a largo plazo o cuando la quema se torna fuera de control puede ocasionar costos en la calidad de vida de las personas y el ecosistema.

En diciembre del año 2015 se realizó el seminario regional sobre incendios forestales para países miembros de la OTCA (OTCA 2015), donde participaron representantes del Cuerpo General de Bomberos, de entidades encargadas de control de riesgos, funcionarios del gobierno regional y de los ministerios encargados del tema de incendios forestales en cada país. Los países asistentes fueron Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. Uno de los temas discutidos fueron las definiciones de quema e incendio forestal. Pese a las ligeras variaciones en cada país se identificó dos principales diferencias entre ambos conceptos: la primera es que una quema está asociada a una vegetación agropecuaria y un incendio está asociado a una vegetación silvestre (bosques y otras coberturas forestales); la segunda es que una quema es un fuego bajo control y un incendio es un fuego descontrolado.

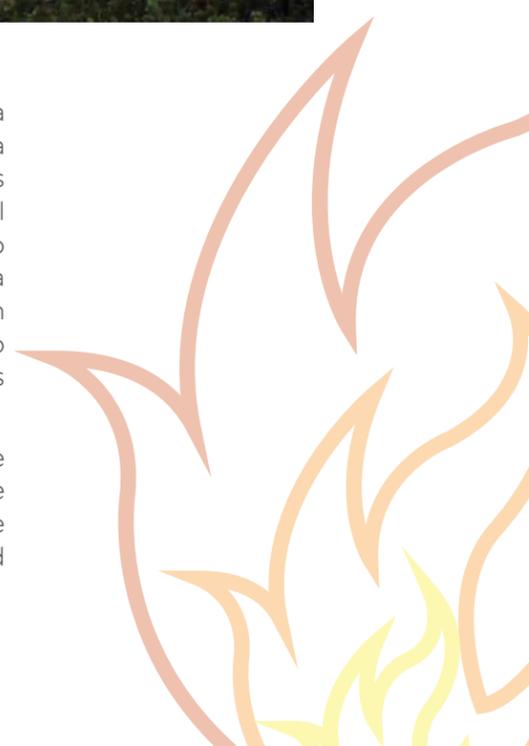


Incendio forestal Chakimayo 2015, Santuario Histórico de Machupicchu.

Foto: © SERNAMP

- **Fuego:** en principio, el fuego³ es una reacción química producida por la ignición y combustión de materiales; para que ocurra la ignición y combustión en las proporciones correctas, son necesarios tres elementos, siendo el combustible para quemar, el aire para obtener el oxígeno y una fuente de calor para llevar a los combustibles a la temperatura de ignición. Los incendios suelen iniciarse en un punto o foco y el fuego se propaga y se expande debido a la convección, radiación y conducción del calor que las llamas provocan (Stacey R., 2012).

El fuego se produce en dos etapas, debiendo primero darse el precalentamiento de los materiales, produciéndose este por la transmisión de calor hasta llegar a arder, seguido viene la combustión, en este punto ya no tienen una necesidad de otra fuente de calor.



- **Foco de calor:** Un foco de calor representa una anomalía térmica de la superficie, que irradia altas temperaturas en un periodo de tiempo y en una localización. Así, es posible indicar el lugar donde puede haber un incendio potencial, pero no debe ser interpretado rigurosamente como un incendio real. Las aglomeraciones de focos de calor tienen alta probabilidad de corresponder a eventos de incendios; mientras que la identificación de focos aislados, pueden corresponder a quemas pequeñas u otro tipo de fenómenos que irradian altas temperaturas, que se suelen confundir con fuegos (CONAE, 2017).

Los mapas de focos de calor son productos elaborados con datos obtenidos por los satélites de observación de la Tierra Aqua y Terra de la NASA (National Aeronautics and Space Administration), utilizando los sensores térmicos MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer). Estos sensores fueron especialmente diseñados para la detección y el seguimiento de incendios en tiempo cuasi-real.



Quema de bosque amazónico para ampliación de agricultura migratoria. Departamento Madre de Dios.

5.2 Tipos de Incendios sobre la Cobertura Vegetal

En la cobertura vegetal los incendios pueden darse de tres formas, cada una tiene sus características de propagación y de comportamiento del fuego distintas, debido a que existen condiciones físicas-meteorológicas de un área diferente a otra.

- **Incendios de subsuelo:** en este tipo de incendio el fuego se propaga por debajo de la superficie a través de las raíces y materia orgánica presente.

Gráfico n.º 03: incendios de subsuelo



- **Incendios de superficie:** son aquellos incendios que se propagan sobre la superficie del terreno, es decir el combustible se encuentra por encima del suelo, siendo las hojarasca, árboles caídos, ramas caídas, entre otros tipos de combustibles presentes. Dependerá del sector donde ocurra el incendio, ya que el material del suelo difiere, dependiendo del tipo de cobertura.

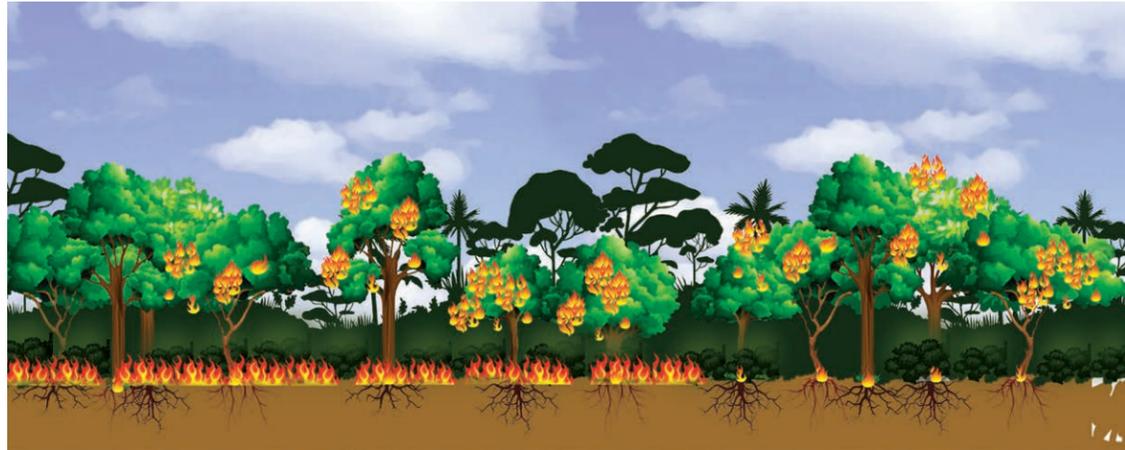
Gráfico n.º 04: incendios de superficie



³Mónica M. 2007, "Predicción de incendios forestales basada en algoritmos evolutivos guiados por los datos"

- Incendios de copas: son los tipos de incendio que se propagan a través de las copas de los árboles, su propagación se da por conducción.

Gráfico n.º 05: incendios de copas



5.3 Modelamiento para la clasificación de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal.

Hoy en día se pueden hacer modelos matemáticos para determinar las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios, así como pronosticar las condiciones atmosféricas. Por lo general, estos modelos de distribución se generan usando dos tipos de fuentes de información: los datos de presencia o ausencia del/los elemento/s que se quiere modelar, y las variables descriptoras que definirán el espacio ambiental, el que, se distribuirá en el espacio geográfico.

Una de las técnicas con mejores resultados es la técnica de modelación BRT, la cual establece una relación entre la posición geográfica de la información de presencia o ausencia y el rango de valores del conjunto de variables donde se ubican estos puntos. Esta relación es usualmente denominada ajuste del modelo de la ecuación, regla de clasificación o algoritmo seleccionado como técnica. La misma lógica se aplica para conocer la distribución de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios, y su relación con las variables descriptoras que definirán ese espacio que presenta mayores niveles de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios y al registro de incendios.



Vista panorámica del distrito de Alca, valle de Cotahuasi. Reserva Paisajística Subcuenca del Cotahuasi, territorio con un nivel medio a alto de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal.

Foto: © James Ponce / ROMPIHU

5.3.1 Métodos de clasificación

Estos métodos se basan en clasificaciones basadas en reglas, donde se asigna una clase para cada combinación de las variables predictivas que generan el modelo de distribución (Guisan & Zimmermann, 2000).

La técnica del BRT con distribución logística, dada su robustez comprobada, ofrece ventajas sobre los modelos de regresión clásicos, ya que permite el uso de variables tanto cualitativas como cuantitativas, datos ausentes o correlacionados, es insensible a valores extremos y modela diferentes tipos de respuesta lineales y no lineales (De'ath, 2007; Elith et al., 2008).

Los BRT son una forma de regresión, basados en las técnicas de aprendizaje automático (machine learning), que combinan las fortalezas de dos algoritmos: ("regression trees") un algoritmo de árbol de regresión que predice un hecho para una o más variables predictoras y ("boosted") un algoritmo de impulso o boosting algorithm que, usando un procedimiento de aprendizaje paso a paso, combina los árboles de regresión en un conjunto de árboles (Elith et al., 2008; Read, 2008). Esto provee de una estimación de respuestas más robusta que un simple árbol.

5.3.2 Datos de registro, insumo para el modelo

La forma más básica de obtener los datos para un modelo tanto para su entrenamiento como validación, es generando la información en terreno mediante GPS u otro tipo de herramienta de adquisición de datos. El uso de estas fuentes de información es de gran utilidad, toda la información debe poseer criterios mínimos de revisión, lo que evita tanto errores de correcta identificación como también geográficos (errores en la localización). Este aspecto, de no ser revisado, produce la primera fuente de error en los modelos, generando errores independientes de las técnicas utilizadas.

En relación con el número ideal de registros por unidad natural analizada, varía de acuerdo al objetivo planteado, así como de las técnicas que se quiere utilizar. Criterios de números mínimos para obtener modelos estadísticamente robustos se han planteado en la literatura. No obstante, el criterio a seguir es incorporar el mayor número de registros disponibles, independiente de la calidad de la información, ya que es posible evaluar los modelos según la calidad de los datos.

Gráfico n.º 6: Mapa de registro histórico de incendios - Año 2019



5.3.3 Datos de entrenamiento y validación

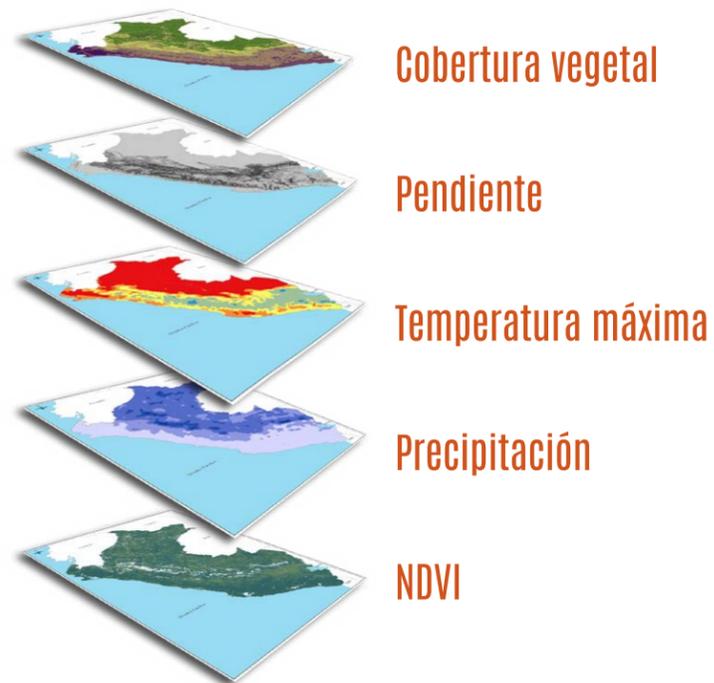
Son los insumos para la implementación del modelo, gran parte de la bibliografía existente indica que se debe considerar dos tercios de las muestras para el entrenamiento y un tercio para la validación (Kohavi, 1995), pero suele ser habitual que ronde entre un 70 % de ubicaciones del total de incendios forestales identificados para la construcción / entrenamiento de modelos, mientras que de los casos restantes, un 30 % se usaron para la validación de los modelos (Breiman, 2001).

Validación es el proceso de comprobar que los resultados aportados por el modelo para las variables de salida y de estado no son muy diferentes a los medidos en la realidad. Existen diferentes índices que permiten cuantificar el grado de ajuste entre los datos medidos y los resultados del modelo.

5.3.4 Variables territoriales (capas)

La selección de las variables territoriales es un paso muy importante, ya que se debe elegir las variables adecuadas, que releven la información más importante del evento analizado; es quizás el paso más crítico en el proceso de los modelos de distribución. El resultado final está completamente determinado por esta elección. Las variables están en función al objetivo que se busca en la identificación, para que el modelo pueda caracterizar el espacio territorial en análisis y pueda determinar la distribución del evento en mención.

Gráfico n.º 7: variables territoriales



Incendio forestal por la ruta a Qollpani 2007 en zona de amortiguamiento del Santuario Histórico de Machupicchu.

Foto: © SERNAMP

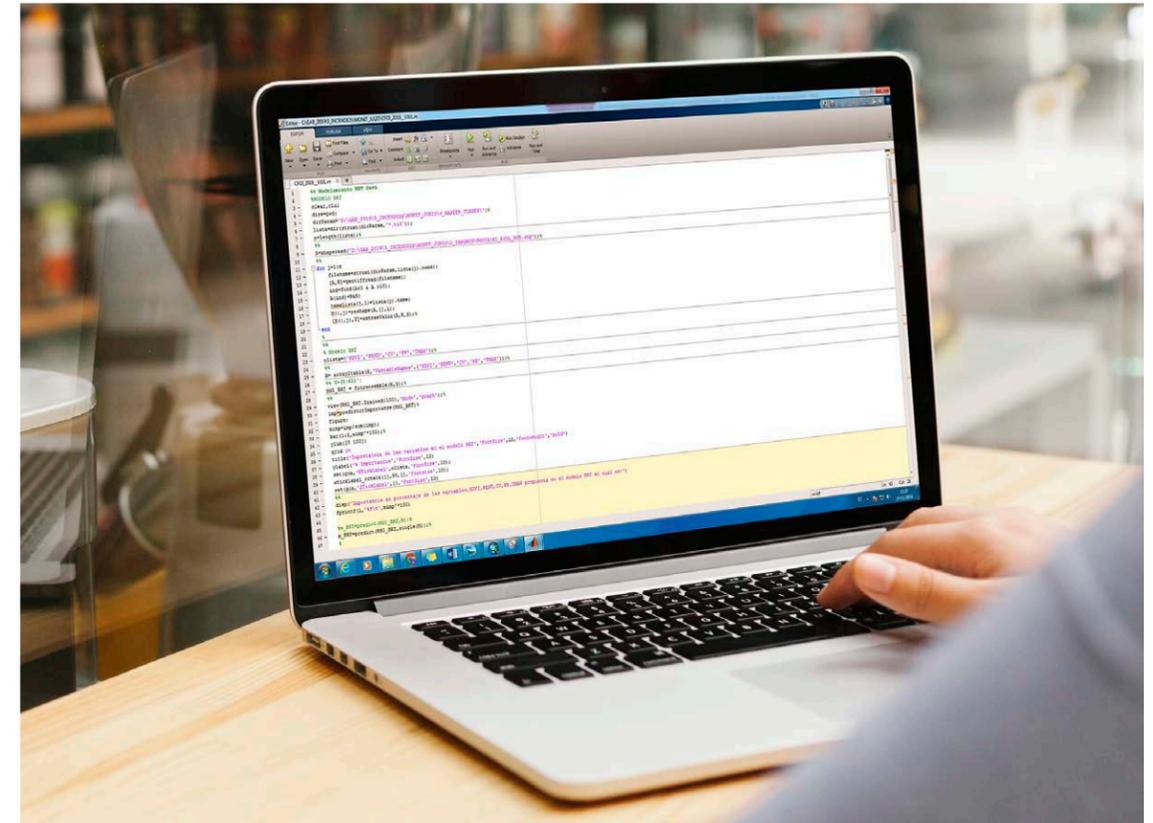
6. Metodología para la determinación de las zonas con Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI

La metodología CFOI se construye en base al análisis del árbol de regresiones (AR), siendo esta una de las técnicas que incrementan el rendimiento de un solo modelo, ajustando muchos modelos y combinándolos para la predicción (Elith et al., 2008). El AR incluye importantes ventajas de los métodos basados en árboles, manejando diferentes tipos de variables predictivas y acomodando datos faltantes. No se requiere una transformación previa de datos o la eliminación de valores atípicos, por el contrario se pueden ajustar relaciones no lineales complejas, adaptar automáticamente los efectos de interacción entre predictores. El AR combina la potencialidad de dos algoritmos: árboles de regresión y mejoramiento (Elith et al., 2008). Un árbol de regresión es una estimación lineal por parte de la función, la cual se construye mediante la partición recursiva de los datos y el espacio muestral (Loh, 2002; Carty, 2011). Los árboles de decisión moderna son expresados estadísticamente por Breiman et al. (1984) y Hastie et al. (2001), y se desarrollaron para aplicaciones ecológicas (De'ath y Fabricius, 2000, Elith et al., 2008).

El boosting o mejoramiento es una técnica utilizada para afinar el rendimiento predictivo de los árboles de regresión; el mejoramiento es similar al promedio del modelo, donde se combinan los resultados de varios modelos competidores; utiliza un procedimiento avanzado, paso a paso, en el que los modelos de árbol se instalan iterativamente a un subconjunto de los datos de entrenamiento. Para la determinación del número de árboles requeridos para la predicción óptima (Elith et al., 2008) existen dos parámetros importantes, que son la velocidad de aprendizaje y complejidad del árbol. La tasa de aprendizaje determina la contribución de cada árbol al modelo en crecimiento y la complejidad arbórea controla si las interacciones son adecuadas.

Para la determinación de las CFOI, el modelo predictivo considera como insumo las variables físicas (pendiente), biológicas (cobertura vegetal, índice de vegetación de diferencia normalizada - NDVI) y climáticas (temperatura máxima, precipitación), llamadas también variables territoriales, y para el procesamiento, tanto para el entrenamiento como la validación, se utiliza el registro de incendios, que viene a ser la

data histórica de todos los incendios ocurridos para el período que se requiere hacer el análisis. Ambos insumos ayudan a explicar el comportamiento de los incendios en el ámbito nacional y mediante el algoritmo se busca encontrar las áreas/zonas que presentan estas condiciones favorables para la ocurrencia de incendios.



6.1 Diseño conceptual

El diseño conceptual del modelo comprende los datos de entrada (variables e información del registro histórico), procesamiento y salida de la información, que vienen a ser los resultados del modelo (ver gráfico n.º 8), para lo cual se han identificado las variables que intervendrán en el análisis y el procesamiento. En referencia a las variables, estas ingresan en clases al modelo, e internamente el modelo va definiendo la importancia de cada clase de acuerdo al registro de incendios. Del registro de incendios, del total que se tiene para el período de análisis, el 70 % va para entrenar el modelo y el 30 % para validarlo; en ese sentido, el modelo del algoritmo BRT identifica las variables más importantes para el período de análisis y paralelamente las clases más representativas, donde finalmente estos ciclos de entrenamiento llegan a estabilizarse, significando la obtención de resultados óptimos.

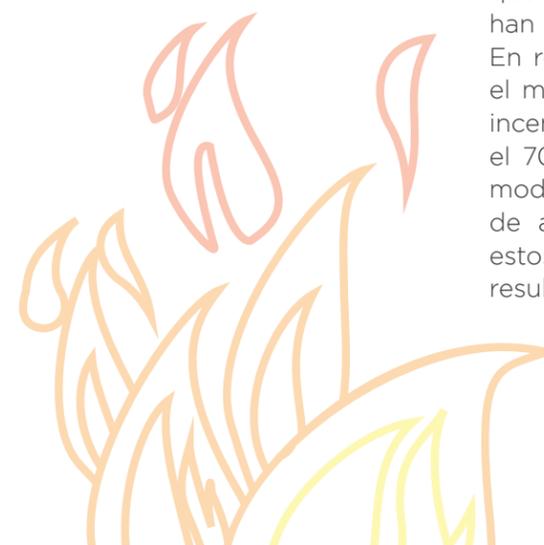
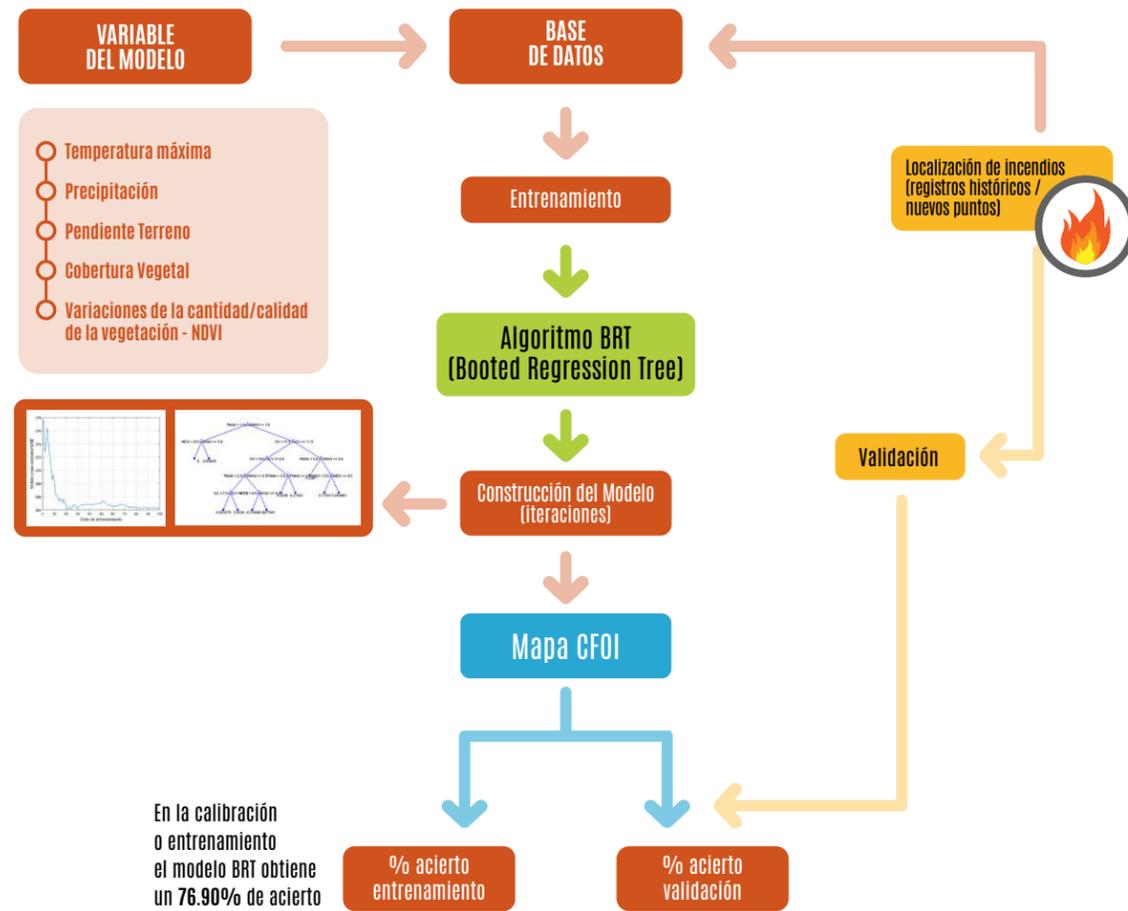


Gráfico n.º 8: arquitectura de modelo CFOI



Fuente: elaboración propia

6.2 Aplicación del modelo

Para el algoritmo planteado se requería en un principio conocer sus resultados, motivo por el cual se aplicó de modo piloto en el departamento de Cusco, considerándose las siguientes trece variables de análisis: la temperatura promedio, la precipitación promedio, la altitud, la pendiente, el aspecto, la curvatura del terreno, el índice topográfico de humedad, el efecto topográfico del viento, la cobertura vegetal, la distancia a vías, la distancia a centros poblados, la distancia a ríos y el índice de vegetación de diferencia normalizada - NDVI. A ello se suman los puntos del registro de ocurrencias de incendios para el entrenamiento y la validación respectiva, información que fue usada a partir del registro de focos de calor de la NASA, base de datos espacializado, que contiene un campo denominado "Confidence", en el que los valores de 100, implica información de mayor consistencia y que hace referencia a un registro de incendio.

La ejecución del modelo, tuvo como resultado el mapa preliminar de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios, obteniéndose resultados confiables en más de un 80 %, debido a que un modelo es una representación de una realidad o un fenómeno, por tanto, siempre tendrá un margen de error. Estos criterios fueron llevados a un ámbito nacional, donde se acondicionaron las variables, ya identificadas en el ámbito piloto, y se procedió a realizar las clases respectivas considerando los criterios de las particularidades de un ámbito nacional; en referencia al registro de incendios, se utilizó los datos históricos de incendios ocurridos desde el año 2000 al 2015, información que tuvo como fuente de información al registro del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD), información que luego fue geolocalizada, bajo un procedimiento estandarizado.

Para lograr la uniformización de las variables seleccionadas se consideró que todas las capas mantengan la resolución espacial de 250 m; de igual forma, el modelo digital de elevaciones de SRTM de 90 m fue re-muestreado a la misma resolución.



Paisaje del Parque Nacional Yanachaga - Chemillén, dentro de la Reserva de Biósfera Oxapampa - Asháninka - Yánesha. Durante el 2018 se presentaron incendios sobre la cobertura vegetal alrededor de esta área.

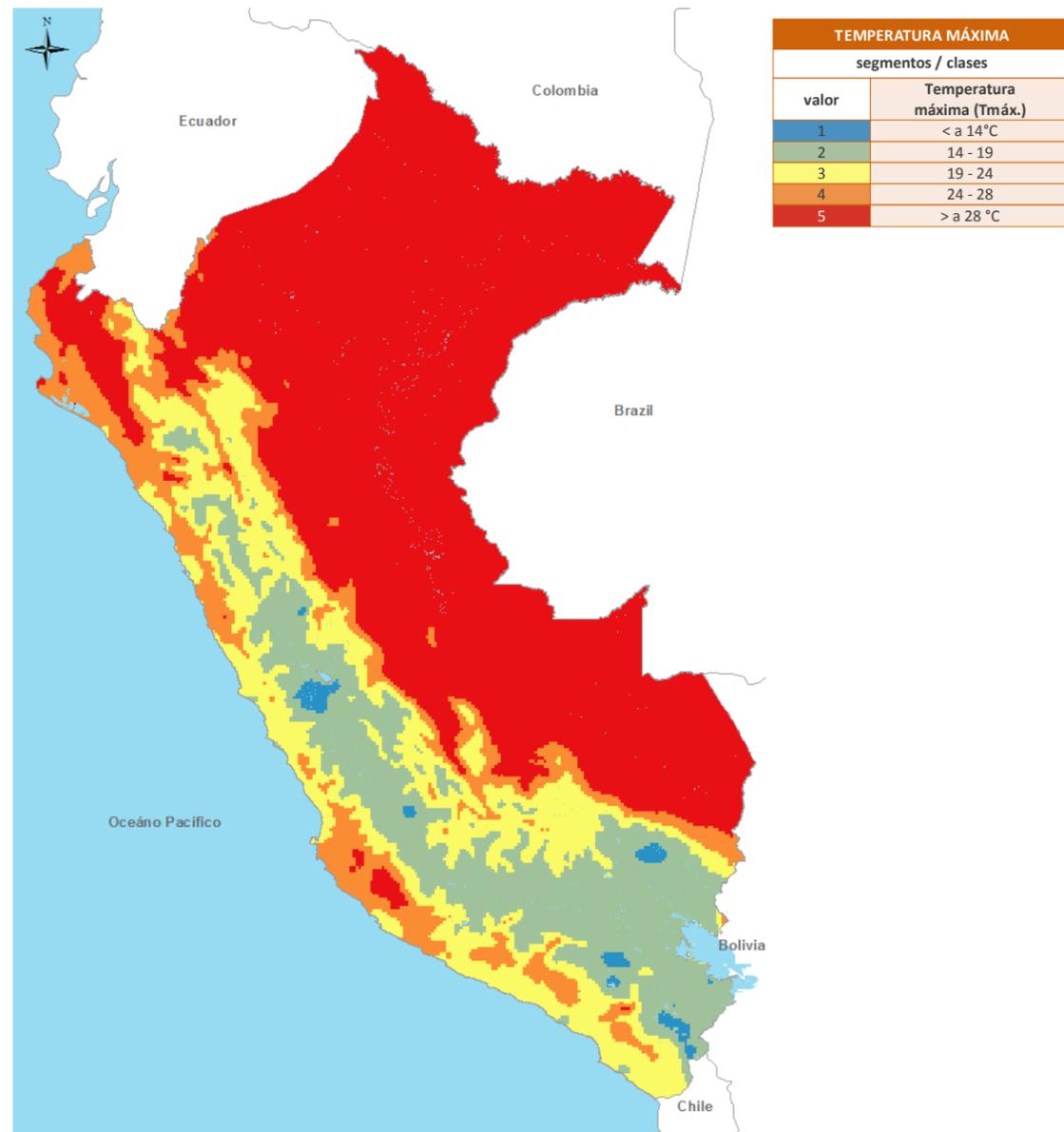
Foto: © Ernesto Benavides / PROMPERÚ

6.3. De las variables representativas

Se determinó trabajar con cinco variables representativas y que permitan caracterizar las condiciones que van a favorecer la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal, siendo estas: la temperatura máxima, la precipitación acumulada del periodo de análisis, la altitud, la cobertura vegetal y el índice de vegetación de diferencia normalizada. A continuación, se detalla cada una de ellas:

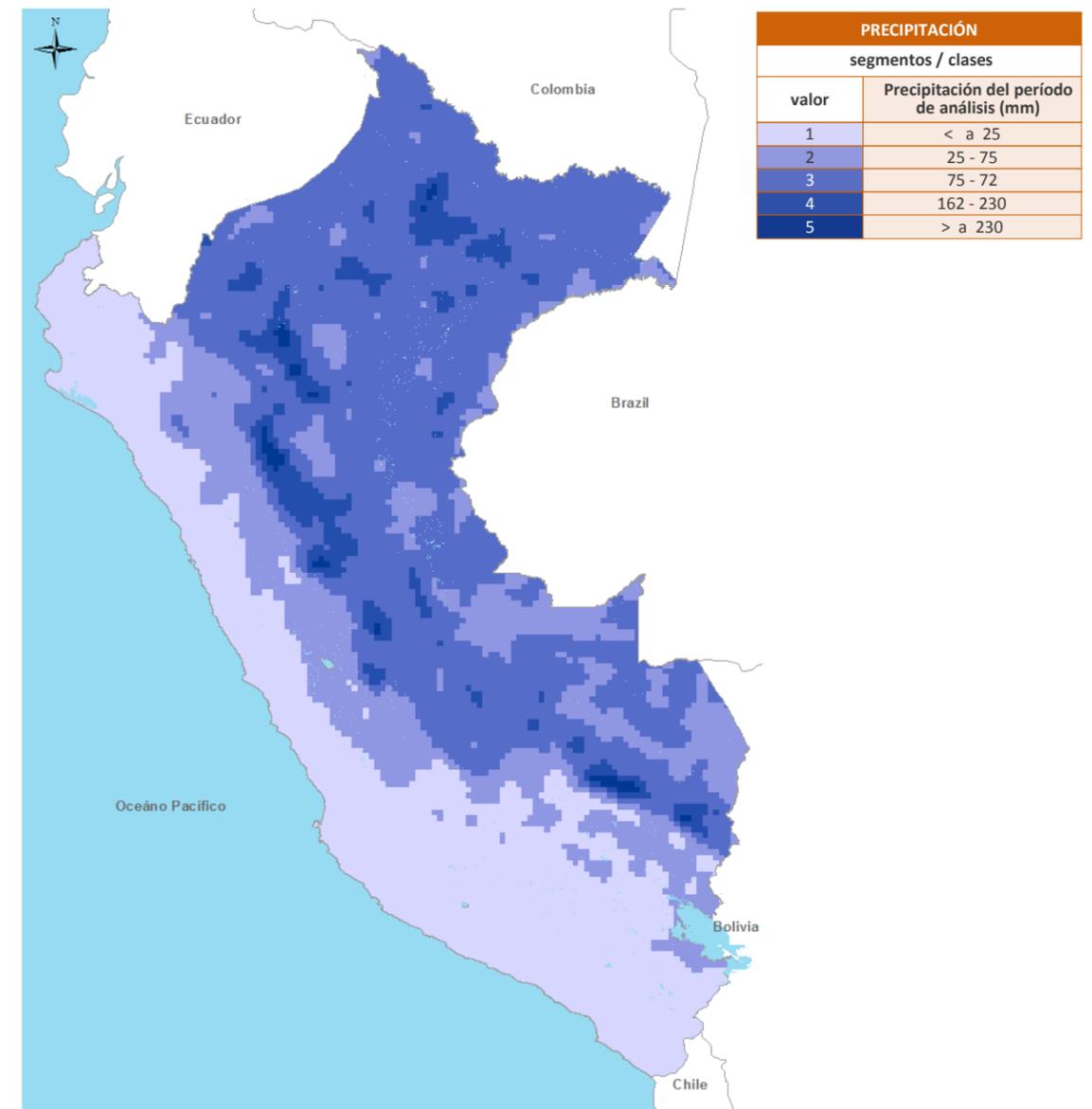
1. **Temperatura máxima:** distribución espacial de las condiciones de temperatura; a mayores temperaturas, mayor susceptibilidad de incendio. A partir de la información de SENAMHI de 5 km de resolución espacial, se ha re-muestreado a 250 m, obteniéndose las siguientes clases, luego de un proceso de análisis:

Tabla n.º 1: clases de la variable Temperatura máxima



2. **Precipitación:** distribución espacial de la precipitación del período de análisis; a menor precipitación, menores condiciones de humedad de combustible. A partir de la información del SENAMHI, producto PISCO -precipitación v1.0, resultado de la combinación (merging) entre los datos de precipitación estimados por el satélite del producto CHIRPS (Climate Hazards Group Infra Red Precipitación with Stations) y los datos de precipitación observada de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI, re-muestreado a 250 m, obteniéndose las siguientes clases, luego de un proceso de análisis:

Tabla n.º 2: clases de la variable Precipitación



3. Índice de vegetación de diferencia normalizada - NDVI: mide el grado de alteración de la vegetación, se analiza del periodo del 2003 al 2018. Imágenes de satélite del sensor MODIS, con una frecuencia de 16 días, resolución espacial de 250m, haciendo un total de 23 imágenes por año.

Los valores fueron expresados como alteraciones, de acuerdo a la siguiente expresión:

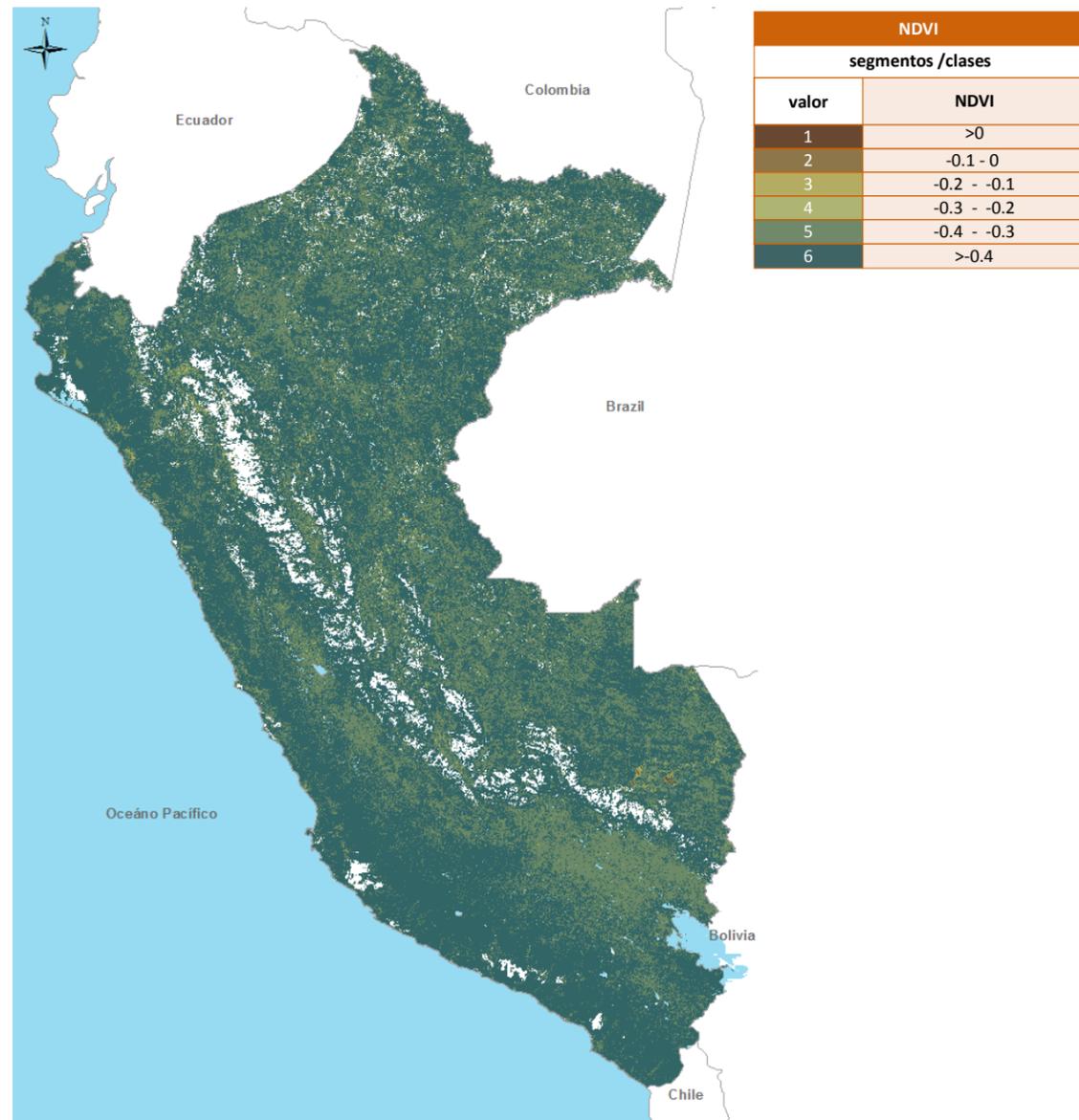
$$\Delta NDVI = NDVI_i - NDVI$$

Dónde: $\Delta NDVI$ = alteración de NDVI de la fecha analizada (Año X) con respecto a los valores promedio de NDVI para la serie histórica 2003-(Año x - 1).

- $NDVI_i$ = valor de NDVI de la fecha analizada (Año x), la cual no ha sido considerada para la obtención del promedio.

- $NDVI$ = promedio de valores de NDVI para la serie histórica 2003-(Año X-1), de acuerdo a la fecha de análisis.

Tabla n.º 3: clases de la variable NDVI



4. Cobertura vegetal: entendiéndose como cobertura el área proyectada por la vegetación sobre el suelo, se determinó este factor como referencia fundamental para la evaluación de la continuidad espacial en el plano horizontal de los combustibles. La información está representada en ráster a 250 metros, y presenta las siguientes clases:

Tabla n.º 4: clases de la variable Cobertura Vegetal



5. Pendiente: la mayor inclinación de la superficie, mayor susceptibilidad a la propagación del fuego, obtenido a partir del modelo digital de elevaciones mediante las herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) a 250 metros de resolución espacial, expresado en grados, está clasificado de la siguiente manera:

Tabla n.º 5: clases de la variable Pendiente



PRECIPITACIÓN	
segmentos / clases	
valor	PENDIENTE
1	< a 5
2	5 - 15
3	15 - 30
4	> 30



Incendios ocurridos en la cobertura vegetal afectando a los ecosistemas de las áreas naturales protegidas

Foto: © SERNAMP

6.4 El registro de incendios

El registro histórico de incendios es una información que ayuda a entender la dinámica de los incendios en términos de dónde, cuándo y con qué frecuencia ocurren, aspectos que contribuyen a la toma de decisiones de carácter preventivo por parte de las entidades competentes. Este registro se actualiza permanentemente y a la fecha cuenta con más de 5088 incidencias de incendios registrados.

La importancia de contar con este registro, además de brindar la posibilidad de obtener estadísticas e indicadores apropiados para entender la causalidad y las tendencias de estos eventos, radica en que a partir de ello se podrá sustentar mejor las acciones de prevención y ajustar las políticas públicas sectoriales, teniendo en cuenta la dimensión ambiental ligada a los incendios en un sentido amplio.

Un solo evento puede causar pérdidas de aproximadamente un millón de soles, como los incendios ocurridos en Arequipa en el 2018⁴ o llegar a costar más de 150 millones de soles como los eventos ocurridos en el 2016 en el norte del país⁵. Ligado a las pérdidas económicas se contabilizan también pérdidas en el capital natural del país, reduciendo o eliminando algunos servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, el control de la erosión, la belleza paisajística, la recreación y el ecoturismo⁶, entre otros, con los consecuentes efectos sociales, económicos y ambientales que afectan a gran parte de los sectores productivos y de servicios.

Para la creación y actualización del registro histórico de incendios, se revisa diariamente los reportes de emergencia del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación - SINPAD, asimismo, se recopila reportes periodísticos y publicaciones en redes sociales para consolidar un universo de incidencias, a partir del cual se realiza el proceso de georreferenciación a través del uso de imágenes de sensores remotos e interpretación visual, siguiendo patrones espaciales y espectrales característicos de los incendios. Los datos generados son cargados a una base de datos georreferencial y son publicados en el Geoservidor del MINAM.

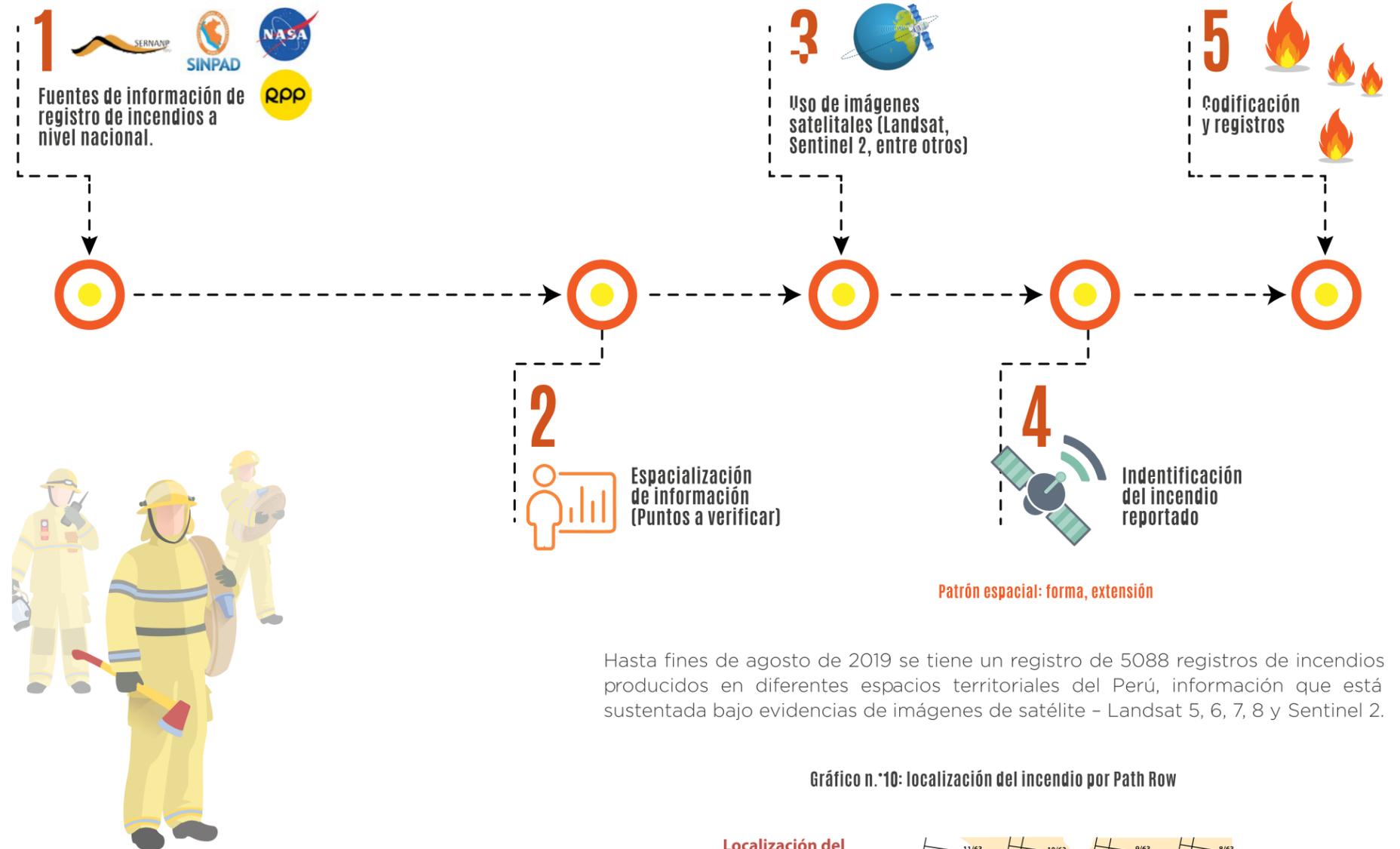
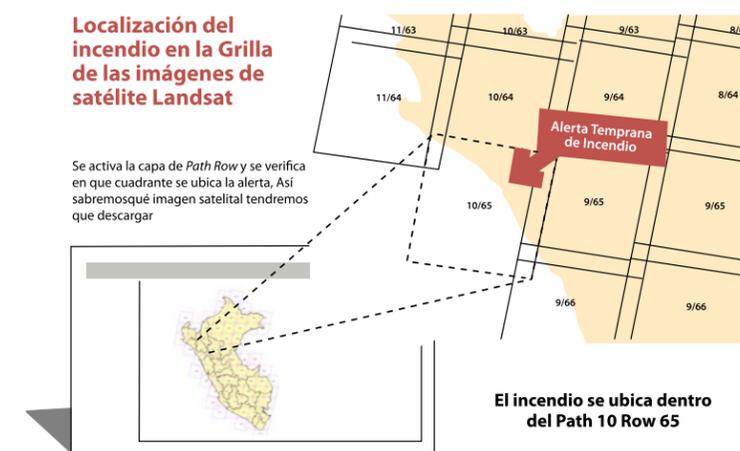


Gráfico n. 9: flujo de identificación y registros históricos de incendios -Insumo para el modelo CFPI

Hasta fines de agosto de 2019 se tiene un registro de 5088 registros de incendios producidos en diferentes espacios territoriales del Perú, información que está sustentada bajo evidencias de imágenes de satélite - Landsat 5, 6, 7, 8 y Sentinel 2.

Gráfico n. 10: localización del incendio por Path Row



⁴Condori Z. (25 de setiembre del 2018) Arequipa: incendio forestal generó pérdidas valorizadas en cerca de S/. 1 millón. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/arequipa/arequipa-incendio-forestal-genero-perdidas-valorizadas-s-1-millon-noticia-561563>

⁵Afectación a la biodiversidad por incendios forestales supera los S/. 150 millones (26 de noviembre del 2016). La República. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/993401-afectacion-a-la-biodiversidad-por-incendios-forestales-supera-los-s-150-millones>

⁶Sabuco P. La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección en el Perú. 2013



Incendio forestal en Yanamayo, Puno, abril 2017.

6.5 Implementación del modelo

El modelo CFOI ha sido elaborado e implementado mediante un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado, con un lenguaje de programación propio, usando el algoritmo del Boosted Regression Tree (BRT).

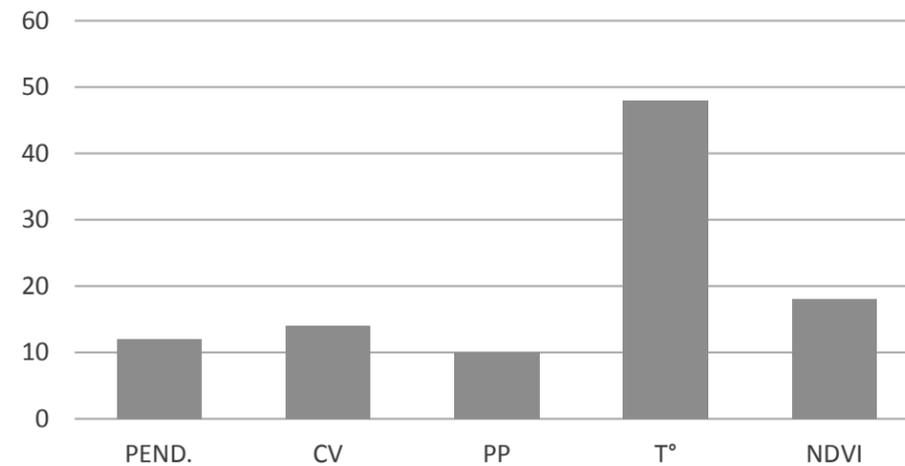
Proporciona una serie de instrucciones que permiten a un programador escribir secuencias de órdenes y algoritmos a modo de controlar el comportamiento físico y lógico de una computadora con el objetivo de que produzca diversas clases de datos. A todo este conjunto de órdenes y datos escritos mediante un lenguaje de programación se le conoce como programa.

En principio, se direcciona el contenido de las variables clasificadas o segmentadas, asimismo, se direcciona la ubicación de la información vectorial necesaria para el entrenamiento.

Posteriormente, se genera una matriz igual al producto del tamaño de las capas ingresadas en el modelo, para tal fin, todas las capas que intervienen en el modelo deben coincidir en el mismo tamaño de pixel, valor y coordenada. En este proceso se da la extracción de valores, siendo "x" el valor de cada punto e "y" la columna confidence de la información vectorial.

Una vez implementado el modelo BRT, se puede obtener la importancia de las variables. Del gráfico n.º 11 se puede interpretar que la importancia de la variable Tmáx y NDVI es mayor frente a las demás.

Gráfico n.º 11: importancia de las variables



Fuente: elaboración propia

6.6 Almacenamiento de la base de datos

Para la construcción de la base de datos, se ha realizado la identificación de cada una de las capas en formatos raster y vector que formarán parte de la base de datos geoespacial, la cual permitirá modelar el esquema de la Geodatabase (GDB) de Incendios.

La implementación física de la base de datos geoespacial o Geodatabase de incendios es escalable y no estática, puede aumentar según la demanda de información.

Teniendo la información a utilizar en el modelo que corresponde a las cinco variables, adicionados a la información base, especializada y la temática, se ha implementado una base de datos geoespacial - Geodatabase para el almacenamiento de la información.

6.7 Información Generada

6.7.1 Reporte mensual de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios- CFOI

El reporte mensual es un documento de resultados, cuyo propósito es difundir la información de las CFOI a nivel departamental de manera amigable, con gráficos y porcentajes sobre las provincias y distritos que presentan mayores condiciones para la ocurrencia de incendios, dicho documento contiene un gráfico comparativo de los incendios producidos a nivel nacional con los presentados a nivel de departamento; así también, se señala la periodicidad de la información analizada y su vigencia; de igual modo, se realiza un análisis con las eco regiones presentes en el departamento, mostrando cuál de ellas presenta mayores niveles de CFOI; por último, se tiene un análisis comparativo de la temperatura máxima y la precipitación por cada eco región y se determina la tendencia y el comportamiento de las CFOI para el siguiente mes, en base a estas variables. (Ver anexo n.º 1)

6.7.2 Reporte quincenal del registro de incendios

El reporte quincenal es un documento de resultados que difunde la información del registro de incendios que vienen produciéndose desde el año 2000 hasta la fecha, a través de gráficos que muestran los porcentajes sobre la recurrencia de los eventos a nivel de provincias y por ecosistemas, y su representatividad espacial por meses y años. (Ver anexo n.º 2)

Gráfico n.º 12: condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal vigente hasta el 30 de noviembre de 2019

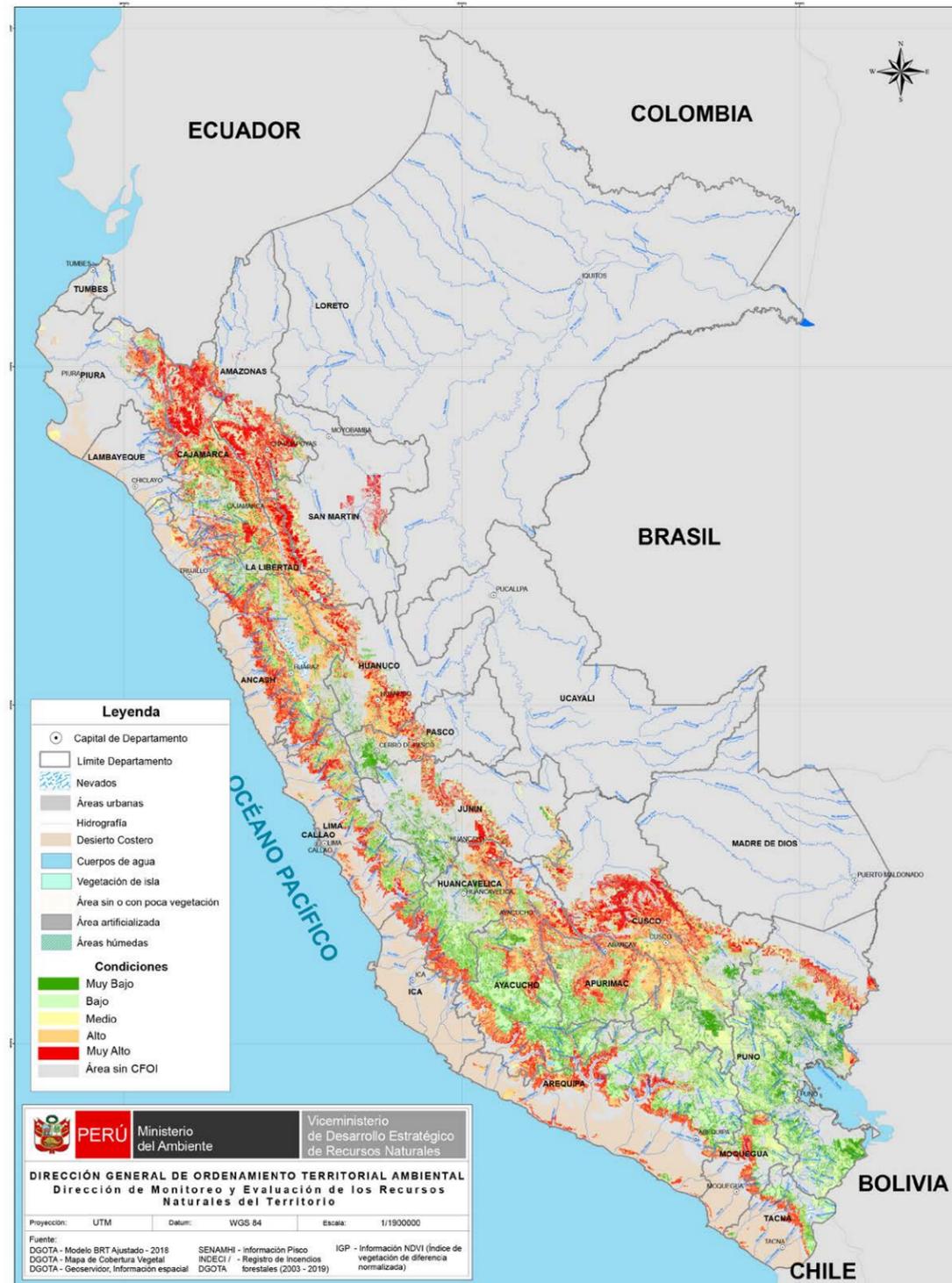
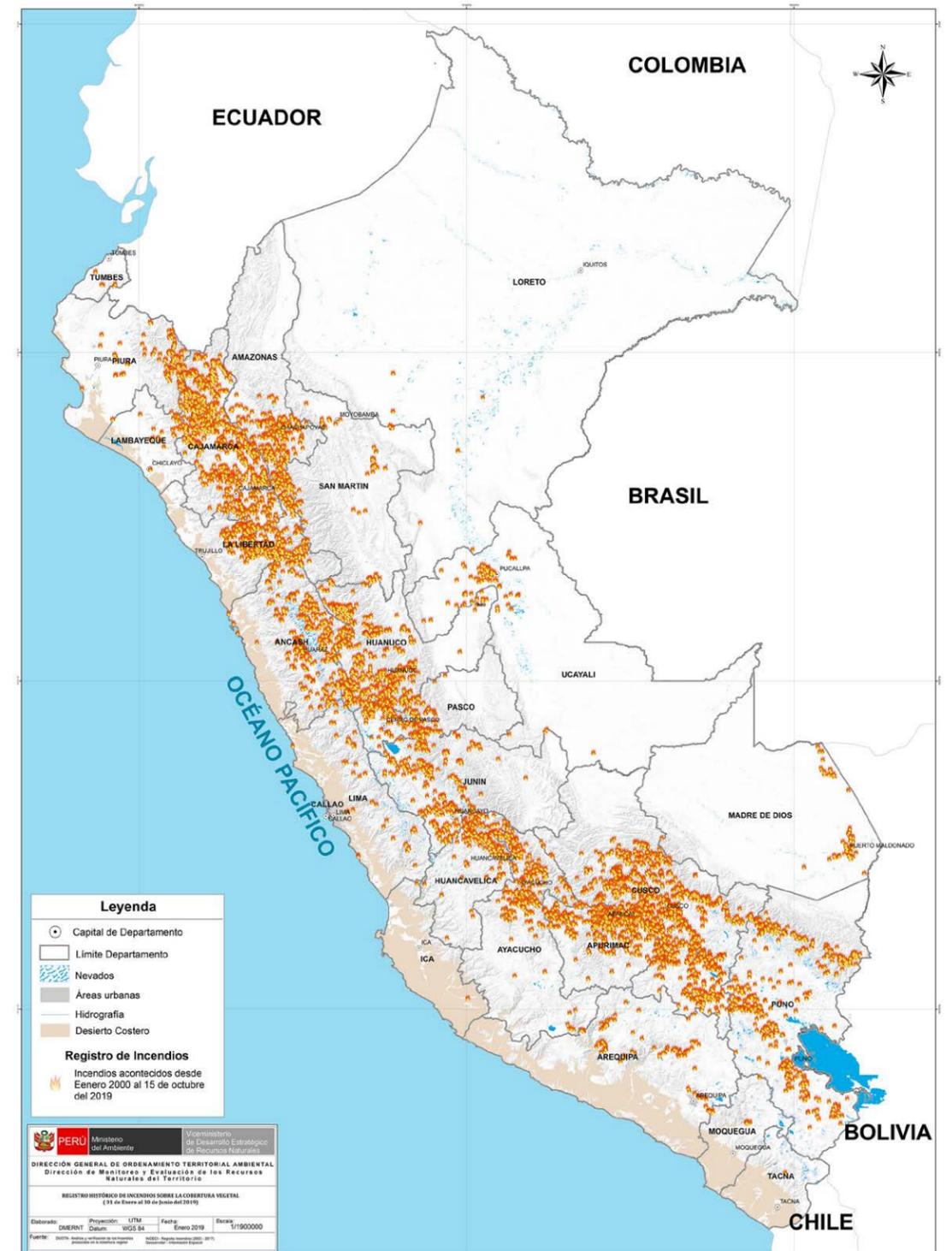


Gráfico n.º 13: reporte nacional del registro histórico sobre la cobertura vegetal (enero 2000 al 15 de octubre del 2019)



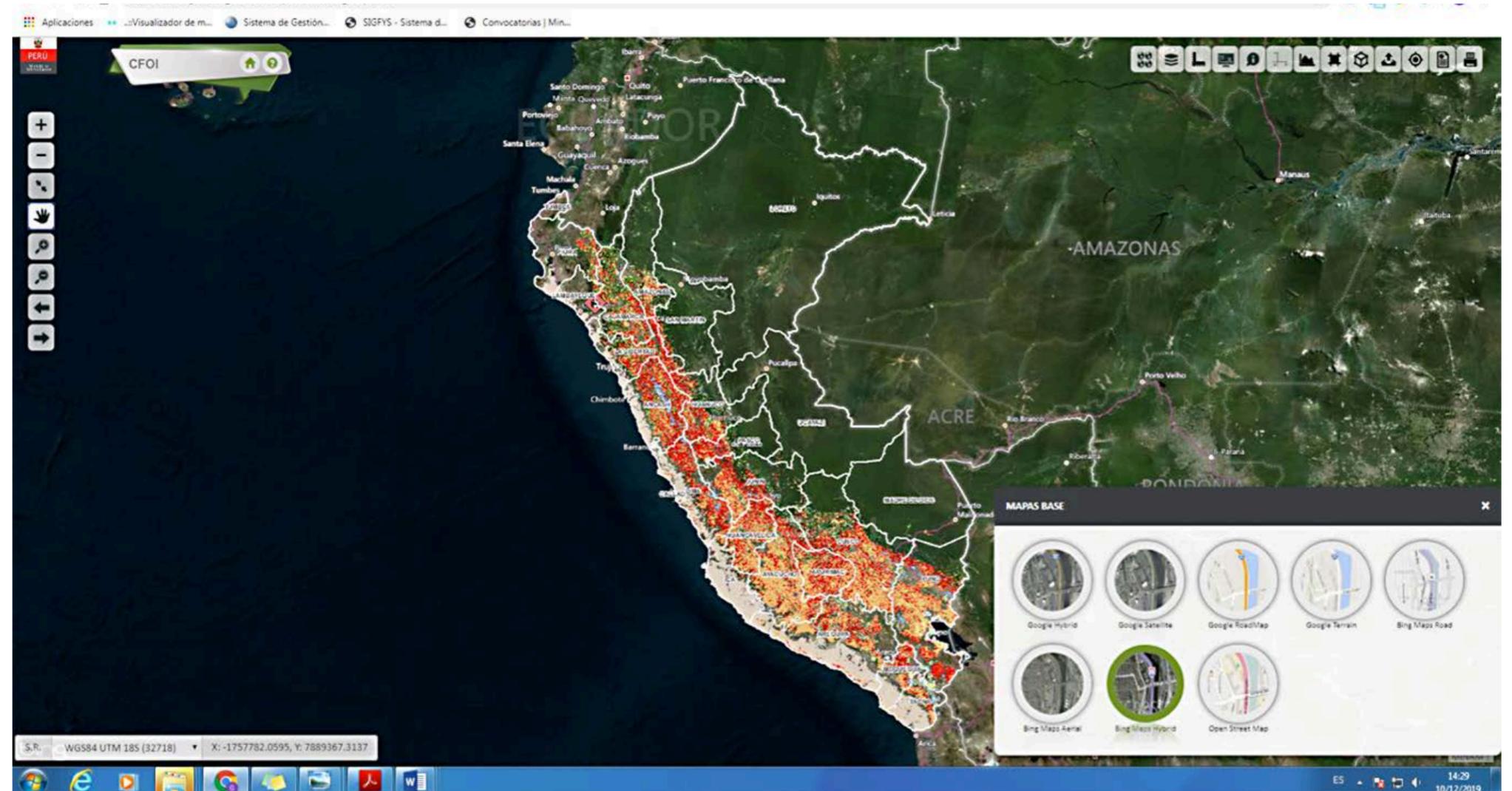
6.7.3 Servicio CFOI

El servicio CFOI es una plataforma interoperable, actualizada, que brinda información a las diferentes instituciones del estado y a la ciudadanía en la temática de incendios sobre la cobertura vegetal. A través de un lenguaje sencillo, brinda información de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal y el registro de incendios que viene presentándose desde el año 2000 a la fecha; los resultados están plasmados en mapas interactivos y mapas digitales para impresión, así como reportes y estadísticas, entre otras aplicaciones. (Ver anexo n.º 3)

La información CFOI viene contribuyendo a diferentes procesos de la gestión de riesgos de desastres, planes institucionales, sistemas de monitoreo, entre otras iniciativas. Es así que el año 2018 dicha información aportó al plan multisectorial frente a incendios forestales, al estudio de escenario de riesgo por incendios forestales —caracterización del peligro por incendios forestales, elaborado por el CENEPRED— y al sistema de información y monitoreo de incendios forestales, como herramienta de prevención del SERFOR.



Gráfico n.º 14: plataforma del Visor del Servicio CFOI



7. Resultados

A partir de las regresiones no lineales obtenidas por las técnicas de BRT se viene analizando e identificando las zonas con mayores niveles de condiciones para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal. Asimismo, se tiene una data histórica de los incendios ocurridos (2000 - 2019), resultados que son plasmados en reportes mensuales (reporte CFOI) alojados y publicados en la plataforma del GEOSERVIDOR.

Se cuenta con reportes mensuales actualizados sobre las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal, estos, a su vez, son reportados a nivel departamental, a través de mapas con su respectiva ficha de análisis, información que fue remitida en un inicio a las gerencias de recursos naturales y oficina de defensa nacional y gestión de riesgos de los gobiernos regionales, y actualmente viene siendo consultado a través del servicio CFOI⁷.

7.1 Análisis comparativo

La información generada ha sido sometida a un análisis comparativo para ver la correspondencia en relación al registro de incendios por tipo de ecosistemas, recurrencia en áreas naturales protegidas y zona de amortiguamiento, relacionando los niveles de CFOI de los periodos setiembre, octubre y noviembre del 2018. Los resultados permitirán ver las relaciones existentes entre estos elementos. A continuación, se detalla cada una de ellas:

7.1.1 El fuego en los ecosistemas

Los incendios forestales tienen muchas repercusiones sobre la diversidad biológica. A escala mundial, son una fuente importante de emisión de carbono, contribuyendo de esta manera al incremento de la temperatura en la tropósfera. En el plano regional y local modifican el volumen de biomasa, alteran el ciclo hidrológico con consecuencias sobre sistemas marinos como los arrecifes de coral e influyen en el comportamiento de las especies vegetales y animales. El humo procedente de los incendios puede reducir notablemente la actividad fotosintética (Davies y Unam, 1999) y perjudicar la salud de los seres humanos y de los animales.

Uno de los efectos ecológicos más importantes de los incendios es la mayor probabilidad de que se produzcan nuevos episodios del mismo tipo en los años subsiguientes, al caer los árboles, lo que permite que la luz del sol reseque el bosque y produzca una acumulación de combustible con un aumento de especies susceptibles a los incendios, como las herbáceas inflamables. La consecuencia de los incendios repetidos es perjudicial porque es uno de los factores principales del empobrecimiento de la biodiversidad en los ecosistemas de los bosques pluviales. Los incendios pueden ser seguidos de la colonización e infestación de insectos que perturban el equilibrio ecológico.

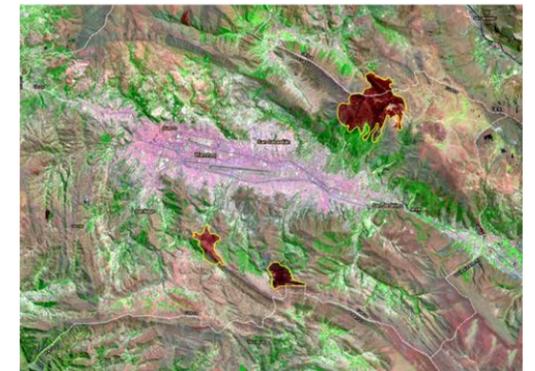
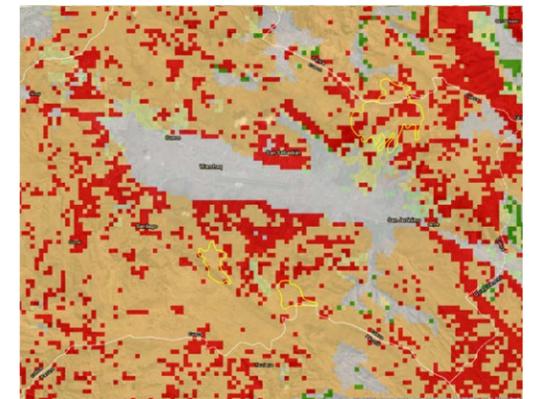
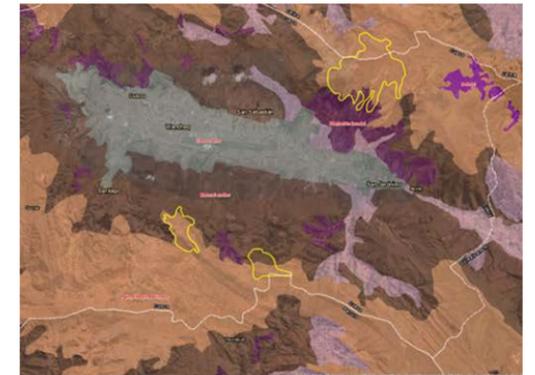
La persistencia de los incendios forestales, que progresivamente están destruyendo los ecosistemas andinos, constituye un serio problema ambiental, no solo por las grandes pérdidas económicas que producen debido a la destrucción de las masas forestales, sino también por la degradación que pueden inducir en los suelos; este efecto es particularmente importante desde el punto de vista de la conservación del suelo, la regeneración de la vegetación y la recuperación del paisaje.

Análisis

Se ha realizado un análisis de los niveles de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal - CFOI con la información de ecosistemas, considerando los meses con mayor recurrencia de los incendios forestales (setiembre, octubre y noviembre). De ello se observa que, en el mes de setiembre, se tiene condiciones favorables en los niveles medio, alto y muy alto en los ecosistemas de pajonal de puna húmeda, bosque montano de yunga y matorral andino para la ocurrencia de estos eventos si no se toman las precauciones a realizar en las actividades de quema.

En el mes de octubre, por las condiciones de temperaturas altas y mayor sequedad en el suelo, se observa que los ecosistemas de bosque altimontano (pluvial) de yunga, matorral andino y pajonal de puna húmeda presentan las mayores condiciones territoriales para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal que pueden afectar estos ecosistemas. Para el mes de noviembre, se acentúan las mayores condiciones para la ocurrencia de incendios en los ecosistemas de bosque altimontano (pluvial) de yunga, matorral andino, pajonal de puna húmeda, pajonal de puna seca y bosque montano de yunga, debido a que la vegetación existente en estos ecosistemas se seca y se constituye en un combustible natural.

Gráfico n.º 15: niveles de las CFOI por ecosistemas - Pajonal de puna húmeda afectado por incendios



Fuente: elaboración propia

Resultados, gráfico 15: Ciudad de Cusco

⁷<http://geoservidor.minam.gob.pe/>

Gráfico n.º 16: niveles de las CFOI por ecosistemas (períodos analizados: setiembre - octubre - noviembre 2018)



Fuente: elaboración propia

Fuente: elaboración propia

7.1.2 Recurrencia histórica de los Incendios y el resultado CFOI

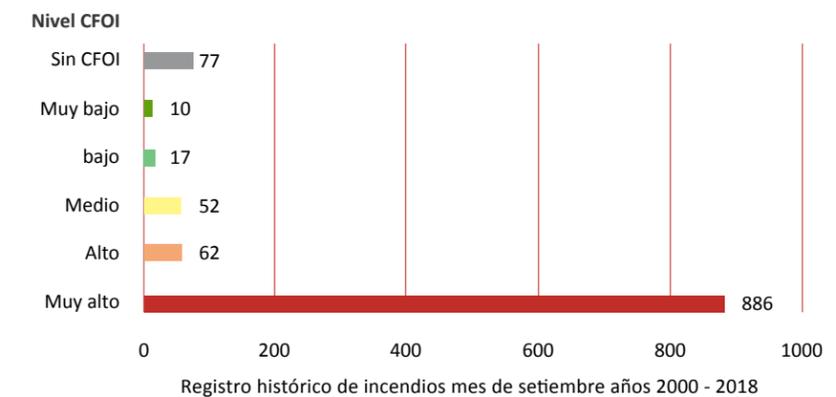
La relación existente entre los datos históricos de incendios y los niveles CFOI tienen una correlación directa, debido a que más de un 80 % de los registros se ubican en los niveles altos y muy altos. Para demostrar su correlación se ha utilizado información de las condiciones CFOI para el período de setiembre y una data histórica de incendios para un periodo de dieciocho años (2000-2018) en el mismo período de análisis.

Análisis

Para el período de setiembre se tiene que un total de 886 registros se ubican en el nivel muy alto de un total de 1027 incidencias; esta información demuestra que el modelo CFOI brinda una información con una confiabilidad mayor al 80 %.

Gráfico n.º 17: comparación de niveles CFOI, correspondiente al mes de setiembre 2018 vs recurrencia de incendios del mes de setiembre en los años 2000-2018.

ANÁLISIS COMPARATIVO CFOI SETIEMBRE 2018



*sin CFOI, representa áreas que no tienen nivel de CFOI

Fuente: elaboración propia

*sin CFOI, representa áreas que no tienen nivel de CFOI

Fuente: elaboración propia

7.1.3 Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las condiciones CFOI

Las ANP son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

Existen diversas opciones de categorías de área natural protegida cuyos objetivos de protección varían gradualmente. Según su condición legal, finalidad y usos permitidos existen: áreas de uso directo y áreas de uso indirecto.

Áreas de uso indirecto: son aquellas de protección intangibles en las que no se permite la extracción de recursos naturales —ningún tipo de modificación del ambiente natural—. Estas áreas solo permiten la investigación científica no manipulativa y las actividades turísticas recreativas educativas, culturales y/o condiciones debidamente reguladas. Entre estas áreas se encuentran: los parques naturales, santuarios nacionales y santuarios históricos.

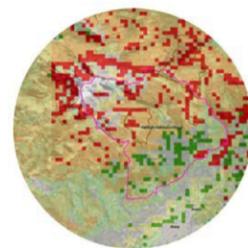
Áreas de uso directo: son aquellas que permiten el aprovechamiento de recursos naturales, prioritariamente por las poblaciones locales, bajo los lineamientos de un Plan de Manejo aprobado y supervisado por la autoridad nacional competente. Son áreas de uso directo: reservas nacionales, reservas paisajísticas, bosques de protección, reservas comunales, cotos de caza, refugios de vida silvestre.

Los impactos generados por la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal en áreas naturales protegidas originan daños en la vegetación arbustiva y herbácea, afectando a la diversidad biológica de flora y fauna, al paisaje natural en estos espacios. Por otro lado, la eliminación del material combustible deja expuestos los suelos, al grado de que cuando se inicia el periodo de lluvias, la movilización de suelo por efecto del agua propiciará un alto grado de erosión, ocasionando la degradación de los suelos.

El siguiente análisis muestra la identificación de las áreas afectadas por la evidencia de incendios forestales acontecidos en el Santuario Nacional de Ampay el día 23 de agosto del 2019, el cual fue comparado con los niveles de Condiciones Favorables ante la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal cuya vigencia data al 31 de agosto del 2019. Se afectaron aproximadamente 534 ha y 234 ha, respectivamente, las que se ubicaban en los niveles de CFOI Alto y Muy Alto. (Gráfico N° 18)

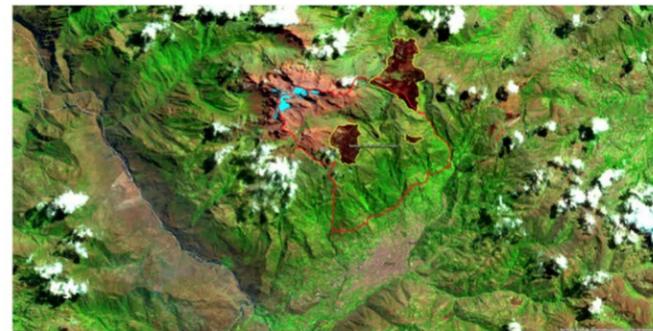
Gráfico n. 18: niveles de CFOI y ANP Santuario Nacional de Ampay - Apurímac

Distritos de Tamburco y Apurímac



CFOI VIGENTE 31.08.19

ÁREA AFECTADA IF1: 534,6 ha
ÁREA AFECTADA IF2: 234,9 ha



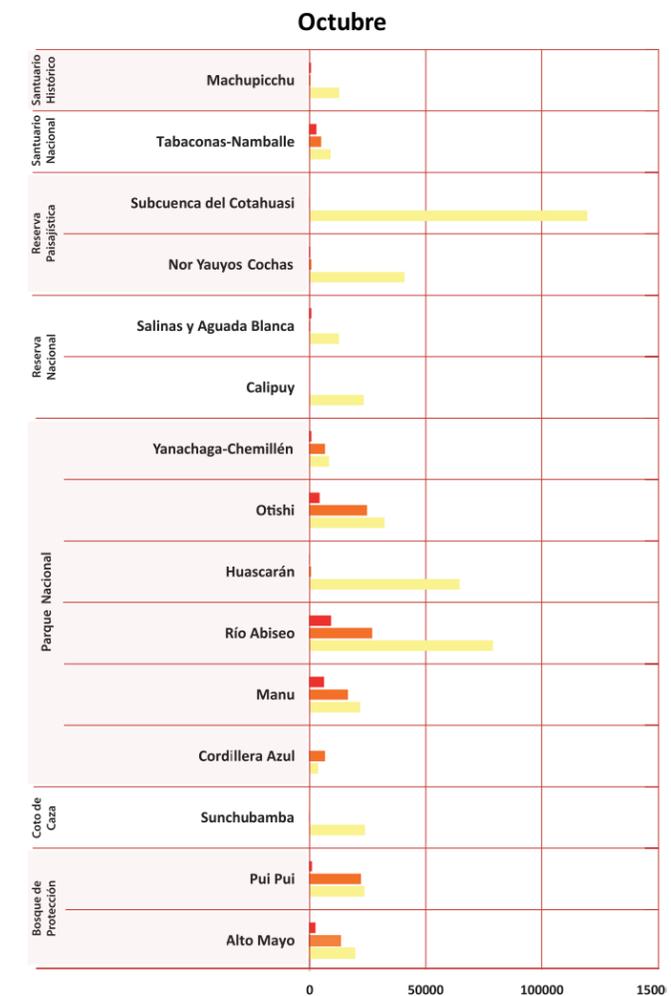
Fuente: elaboración propia

Análisis

A fin de contribuir a la prevención de la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal de las áreas naturales protegidas se ha realizado el análisis de los niveles de condiciones CFOI para los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2018 y su relación con quince (15) ANP. Se ha observado que los niveles CFOI aumentan gradualmente en los niveles medio, alto y muy alto, predominando estas condiciones físicas para la ocurrencia de incendios en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca y en la Reserva paisajística de la Subcuenca de Cotahuasi en Arequipa. Dado el uso directo en estas áreas hay mayores probabilidades de que ocurran eventos por la intervención antrópica y actividades que se realizan en estas áreas. Asimismo, se observa que en las Áreas protegidas de uso indirecto es menos probable la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal. Ver gráfico n.º 19: CFOI y las Áreas Naturales Protegidas.

Gráfico n.º 19: comparación de niveles CFOI, correspondiente al mes de setiembre 2018 vs recurrencia de incendios del mes de setiembre en los años 2000-2018

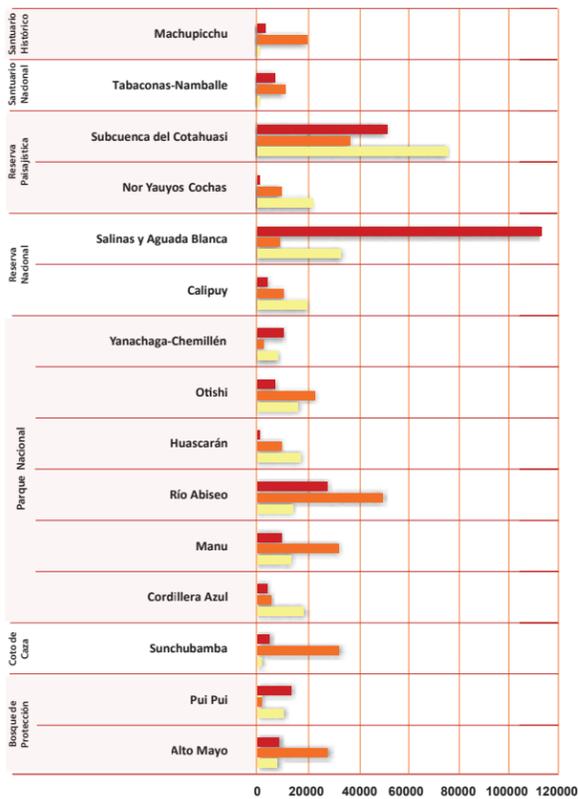
NIVELES DE LAS CONDICIONES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL EN AREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LOS MESES DE OCTUBRE - NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2018



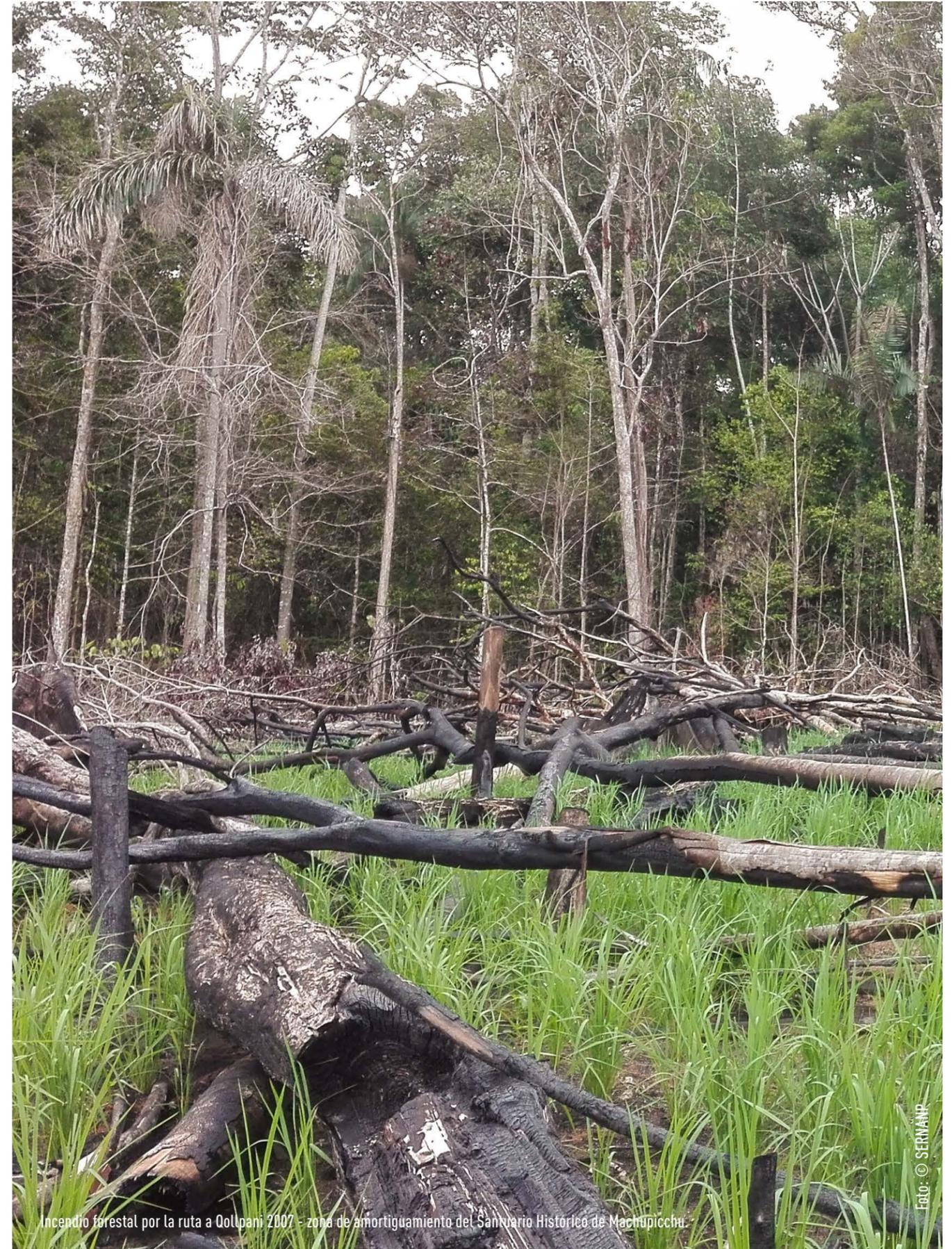
Noviembre



Diciembre



NIVEL CFOI



8. Conclusiones

- Se cuenta con el servicio CFOI, plataforma interoperable actualizada, que brinda información a las diferentes instituciones del estado y a la ciudadanía en la temática de incendios sobre la cobertura vegetal. A través de un lenguaje sencillo, brinda información de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal y el registro actualizado de incendios; los resultados están plasmados en mapas interactivos y mapas digitales, reportes y estadísticas, según necesidad del usuario y/o tomador de decisiones.
- Se viene reportando las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal – CFOI con escala temporal mensual, la cual está alojada en la plataforma del Geo servidor del MINAM.
- Los reportes departamentales de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal permitirán a los gobiernos regionales implementar medidas con enfoque preventivo para la población y sus medios de vida, siendo el ecosistema uno de ellos (medidas que tengan que ver con la conservación y recuperación de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos).
- Se cuenta con data histórica actualizada y reportada de manera permanente (quincenal) producida a nivel nacional, siendo los departamentos de Cajamarca, Cusco, Apurímac, Puno, Amazonas, Ayacucho, Piura, La Libertad, Huánuco, Pasco y Junín, los departamentos con mayor recurrencia.
- La información que genera el servicio CFOI pretende reducir la brecha de información dotando de insumos necesarios que ayudarán a las instituciones a planificar integralmente actividades de prevención y mitigación de desastres, asegurando así la inversión pública y privada.

De la metodología empleada

- La metodología se elaboró a escala general (aplicada a nivel nacional) y se fundamenta en la utilización de información geoespacial e información de imágenes de sensores remotos de moderada resolución espacial; no obstante, se prevé utilizar a escalas más reducidas (regional o localmente) con la incorporación de nuevas variables de análisis y utilización de imágenes satelitales de alta resolución.
- La metodología se ajusta a las realidades del país tanto en los aspectos climáticos y meteorológicos, como en su gran diversidad de ecosistemas, de cobertura vegetal y de flora, en nuestras particulares condiciones socioeconómicas y culturales que pueden ser detonantes, en un momento dado, de los incendios forestales y de la cobertura vegetal.
- Que la metodología sea escalable, es decir, que si bien se realizó a una escala general para el ámbito nacional (1:100000), pudiera ser fácilmente replicable a escalas regionales, mediante la incorporación de variables que le agreguen especificidad y mayor resolución, pero con la misma estructura de la escala nacional.
- Se empleó software especializado (Sistemas de Información Geográfica para el procesamiento digital de imágenes de sensores remotos, la estructuración de bases de datos espaciales, el modelamiento espacial y la realización de la cartografía temática.

De los resultados

- Que los resultados del modelo de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura sirvieran para apoyar y planificar integralmente actividades de prevención y mitigación de desastres.
- Que los resultados fueran escalables, es decir, que si bien se realizó a una escala general para el ámbito nacional (1:100000), sea fácilmente replicable a escalas regionales, mediante la incorporación de variables que le agreguen especificidad y mayor resolución.
- Que los resultados sean actualizables, para adaptarlos periódicamente a las características de susceptibilidad de la vegetación a estos eventos.
- Que los resultados pudieran ser incorporados a los modelos de alerta temprana de incendios forestales que desarrolla y llevan a cabo otras instituciones.
- El resultado del modelo de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal se estructuró mediante una clasificación jerárquica conformada por los siguientes:



Donde:

- Muy Bajo (color verde oscuro), aquellas áreas que presentan condiciones mínimas; por tanto, no es necesario tomar precauciones especiales
- Bajo (color verde claro), aquellas áreas que aún presentan condiciones mínimas, debido a que solo una variable viene contribuyendo para la ocurrencia de incendios; por tanto, no es necesario tomar precauciones especiales
- Medio (color amarillo), aquellas áreas que presentan condiciones favorables, donde la cobertura vegetal puede llegar a ser combustible apto que puede desencadenar en incendio; por tanto, es necesario tomar precauciones especiales
- Alto (color naranja), aquellas áreas donde las condiciones para que se produzcan incendios son altas, si no se maneja adecuadamente el fuego en las prácticas agropecuarias y otras prácticas, por tanto, es necesario tomar precauciones especiales
- Muy Alto (color rojo), aquellas áreas donde las condiciones para que se produzcan incendios son muy altas, si no se maneja adecuadamente, específicamente en épocas de quemas para ampliación y/o generación de áreas de cultivo, así como otras prácticas que desencadenen en incendios; por tanto, es necesario tomar precauciones especiales.





Incendio forestal en Chakimayo 2015 - Santuario Histórico de Machupicchu.

9. Recomendaciones

- De los resultados CFOI obtenidos de manera mensual, se recomienda utilizar la información para estudios de causalidad del factor antrópico en los incendios forestales.
- Que los resultados del modelo de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura sirvan para apoyar y planificar integralmente actividades de prevención y mitigación de desastres.
- De los registros históricos de incendios que se viene actualizando continuamente, se recomienda utilizar la información para estudios del fenómeno del niño y otros eventos globales.
- La problemática de los incendios forestales debe abordarse desde la prevención, focalizándose en la población y su falta de actitud con la conservación de los recursos naturales y el ambiente.
- La sinergia de actores debe orientar esfuerzos para realizar campañas de difusión en las áreas con mayores condiciones para ocurrencia de incendios, que incentiven a la utilización de buenas prácticas, alternativas a las quemas para la eliminación de desechos vegetales.



Taller referido a los avances sobre la Prevención y Control de Incendios sobre la Cobertura Vegetal que afectan los Ecosistemas.



Taller de sensibilización con funcionarios de las direcciones del sector ambiente.



Taller regional sobre el servicio de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal, Gobierno Regional de Piura.



Pastos naturales afectado por incendio, centro poblado Alto Puno, distrito de Puno, agosto 2018.

10. Bibliografía

- Amalina, P; Budi, L; Rushayati, S. 2016. *Forest Fire Vulnerability Mapping in Way Kambas National Park*. Science Direct. Indonesia, Procedia: Environmental Sciences 33: 239-252.
- Beven KJ, Kirkby MJ. (1979). *A physically based, variable contributing area model of basin hydrology*. Hydrological Sciences Bulletin 24 (1): 43-69 doi: 10.1080/02626667909491834
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., Stone, C.J., 1984. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth International Group, Belmont, CA, USA.
- Carty, D.M., (MSc thesis) 2011. *An Analysis of Boosted Regression Trees to Predict the Strength Properties of Wood Composites*. The University of Tennessee, Knoxville, 105 pp.
- De'ath, G., Fabricius, K.E., 2000. *Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis*. Ecology 81, 3178-3192.
- Elith, J., Leathwick, J.R., Hastie, T., 2008. *A working guide to boosted regression trees*. J. Anim. Ecol. 77, 802-813, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x>.
- Evans, I.S., 1972. *General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics*. In: Chorley, R.J. (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*. Harper & Row, pp. 17-90.
- Felicísimo A. (1994). *Modelos digitales del terreno: introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales*. Oviedo: Universidad de Oviedo: 118 Available at: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.H., 2001. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer Verlag, New York.
- Hastie, T.J., 1992. *Generalized additive models*. In: Chambers, J.M., Hastie, T.J. (Eds.), *Statistical Models in S*. Wadsworth & Brooks/Cole.
- Hastie, T., Tibshirani, R.J., 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall, London.
- Florinsky I., Eilers R., Manning G., Fuller L. (2002). *Prediction of soil properties by digital terrain modelling*. Environmental Modelling & Software 17 (3): 295-311 doi: 10.1016/S1364-8152(01)00067-6
- Kiamehr R, Sjöberg LE. (2005). *Effect of the SRTM global DEM on the determination of a high-resolution geoid model: A case study in Iran*. Journal of Geodesy 79 (9): 540-551 doi: 10.1007/s00190-005-0006-8
- Kinnell PIA. (2005). *Why the universal soil loss equation and the revised version of it do not predict event erosion well*. Hydrological Processes 19 (3): 851-854 doi: 10.1002/hyp.5816
- Li, Z., Zhu, Q., Gold, C., 2005. *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*. CRC Press, Boca Raton, FL, 319 pp.
- Loh, W.Y., 2002. *Regression trees with unbiased variable selection and interaction detection*. Stat. Sin. 12 (2), 361-386.
- Ludwig R, Schneider P. (2006). *Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for applications in hydrologic modeling*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 60 (5): 339-358 doi: 10.1016/j.isprsjprs.2006.05.003
- Manta, M; León, H. 2004. *Los incendios Forestales del Perú. Grave problema por revisar*. Floresta (Brasil), 179-189.
- Marco M, Schnabel S. (2003). *Aplicación De Redes Neuronales Artificiales Para Determinar La Distribución Espacial De La Humedad Del Suelo En Una Pequeña Cuenca De Drenaje*. Estudios Preliminares. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo VI: 295-304 Available at: <http://www.zonanosaturada.com/publics/V6/p295-304.pdf>
- Mark, D.M., Smith, B., 2004. *A science of topography: from qualitative ontology to digital representations*. In: Bishop, M.P., Shroder, J.F. (Eds.), *Geographic Information Science and Mountain Geomorphology*. Springer-Praxis, Chichester, England, pp. 75-97.
- Martínez-Casasnovas, J.A., 1999. *Modelos digitales de terreno: Estructuras de datos y aplicaciones en el análisis de formas del terreno y en Edafología*. QUADERNS DMACS Núm. 25, Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida, Lleida.
- Martinoni, D., 2002. *Models and experiments for quality handling in digital terrain modelling*. Ph.D. Thesis. University of Zürich.
- Nearing, M. A., L. J. Lane, and Vincent L. Lopes. *Modeling soil erosion. Soil erosion research methods 2* (1994): 127-156.
- Nikolakopoulos KG, Kamaratakis EK, Chrysoulakis N. (2006). *SRTM vs ASTER elevation products. Comparison for two regions in Crete, Greece*. International Journal of Remote Sensing 27 (21): 4819-4838 doi: 10.1080/01431160600835853.
- Olaya, V. 2004. *Hidrología Computacional y Modelos Digitales del Terreno*. Madrid, ES, Víctor Olaya. 365 p.
- Papo, H.B.; Gelbman, E. (1984): *Digital terrain models for slopes and curvatures*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 50(6): 695-701.
- Pennock, D.J., 2003. *Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution*. *Soil and Tillage Research* 69 (1-2), 15-26.
- Reuter HI, Elson A, Jarvis A. (2007). *An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data*. *International Journal of Geographical Information Science* 21 (9): 983-1008 doi: 10.1080/13658810601169899
- Sadat, Z; Reza, H; Aretano, R. 2016. *Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques*. Ecological Indicators 64: 72-84
- Satgé F, Bonnet MP, Timouk F, Calmant S, Pillco R, Molina J, Lavado-Casimiro W, Arsen a., Crétaux JF, Garnier J. (2015). *Accuracy assessment of SRTM v4 and ASTER GDEM v2 over the Altiplano watershed using ICE Sat/GLAS data*. *International Journal of Remote Sensing* 36 (2): 465-488 doi: 10.1080/01431161.2014.999166
- Schmidt, J., Dikau, R., 1999. *Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models — semantics, methods, future needs*. In: Dikau, R., Saurer, H. (Eds.), *GIS for Earth Surface Systems — Analysis and Modelling of the Natural Environment*. Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung, pp. 153-173.
- Schumann G, Matgen P, Cutler MEJ, Black A, Hoffmann L, Pfister L. (2008). *Comparison of remotely sensed water stages from LiDAR, topographic contours and SRTM*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 63 (3): 283-296 doi: 10.1016/j.isprsjprs.2007.09.004
- Shary, P.A., Sharaya, L.S., Mitsov, A.V., 2002. *Fundamental quantitative methods of land surface analysis*. *Geoderma* 107 (1-2), 1-32.



- Sørensen R, Zinko U, Seibert J. (2006). *On the calculation of the topographic wetness index: Evaluation of different methods based on field observations*. Hydrology and Earth System Sciences 10 (1): 101-112 doi: 10.5194/hess-10-101-2006
- Speight, J.G., 1968. *Parametric description of land form*. In: Stewart, G.A. (Ed.), *Land Evaluation: Papers of a CSIRO Symposium*. Macmillan, Melbourne, pp. 239-250.
- Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer JWC. (1989). *Remote Sensing and Image Interpretation*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- Tobler, W. R., 2000. *The development of analytical cartography — a personal note*. *Cartography and Geographic Information Science* 27 (3), 189-194.
- Tobler, W. R., 1976. *Analytical cartography*. *The American Cartographer* 3 (1), 21-31.
- Western AW, Grayson RB, Bschl G, Willgoose GR. (1999). Western et al. 1999 - *Spatial organization of soil moisture and soil moisture indices*. 35 (3): 797-810
- Wilson, J.P., Gallant, J.C. (Eds.), 2000. *Terrain Analysis: Principles and Applications*. Wiley, New York, 303 pp.
- Chuvieco, E., Congalton, R.G., 1989. *Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping*. *Remote Sens. Environ.* 29,147-159.
- Artsybashev, E.S., 1983. *Forest Fires and Their Control*. Oxonian, New Delhi (1st ed. in Russian, 1974).
- Adab, H., Devi Kanniah, K., Solaimani, K., 2013. *Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques*. *Nat. Hazards* 65,1723-1743.
- Erten, E., Kurgun, V., Musaoglu, N., 2004. *Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study*. In: XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey, pp. 222-230.
- Renard, Q., Pelissier, R., Ramesh, B.R., Kodandapani, N., 2012. *Environmental susceptibility model for predicting forest fire occurrence in the Western Ghats of India*. *Int. J. Wildland Fire*, <http://dx.doi.org/10.1071/WF10109>, 15 pp.
- Rokach, Lior; Maimon, O. (2008). *Data mining with decision trees: theory and applications*. World Scientific Pub Co Inc. ISBN 978-9812771711.

11. Anexos

- Anexo n.º 1: Reporte de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI
- Anexo n.º 2: Reporte del registro de incendios
- Anexo n.º 3: Servicio de Monitoreo de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI



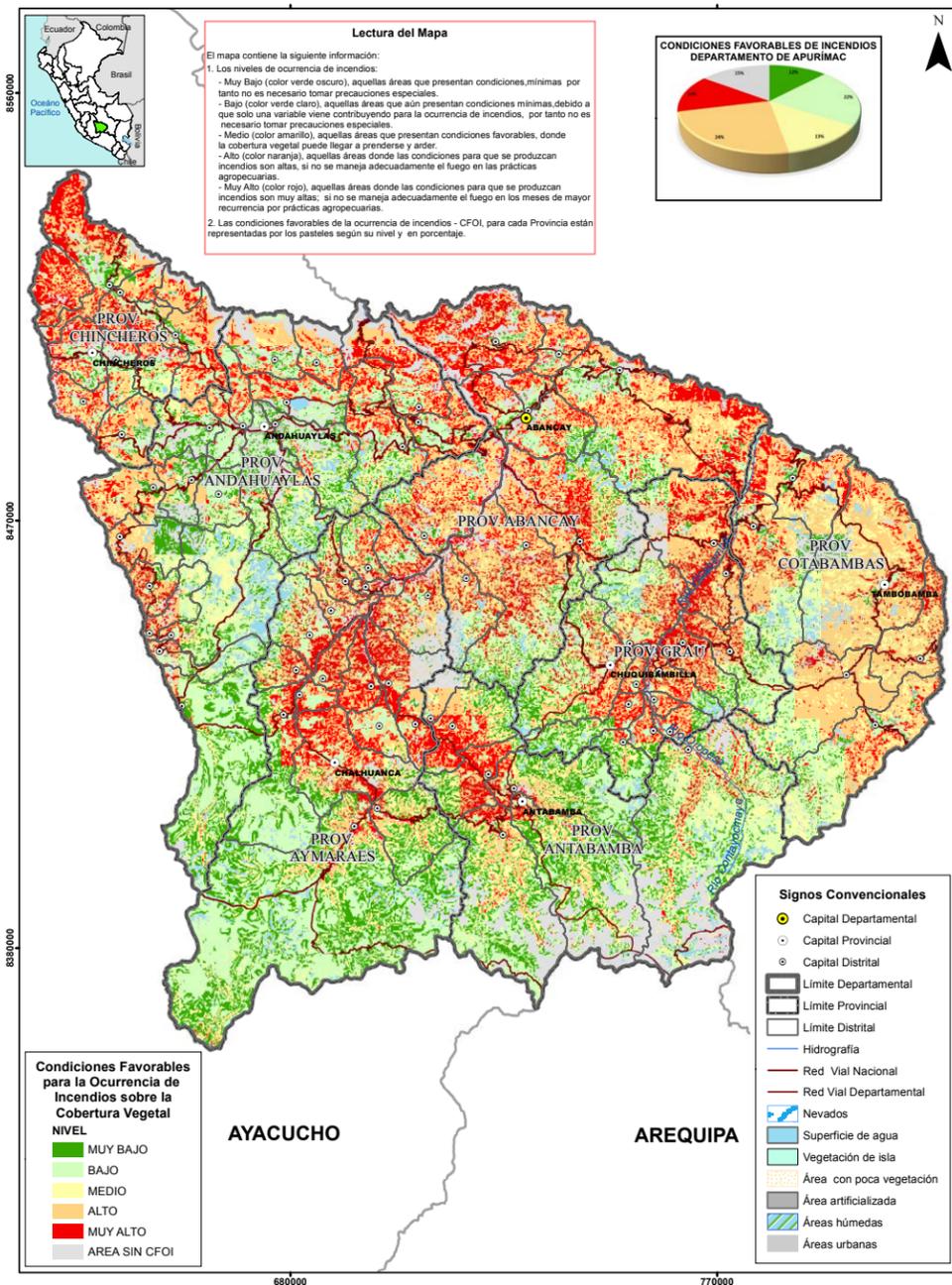
Quema de bosque amazónico para agricultura migratoria, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios.

Anexo 1

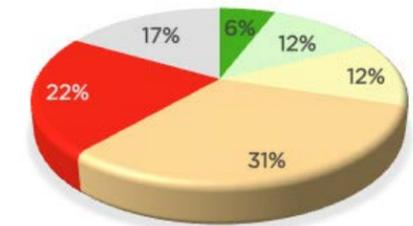
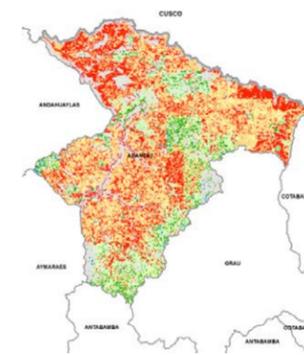
REPORTE DE LAS CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL A NIVEL REGIONAL - CFOI

(Caso región Apurímac- Octubre 2019)

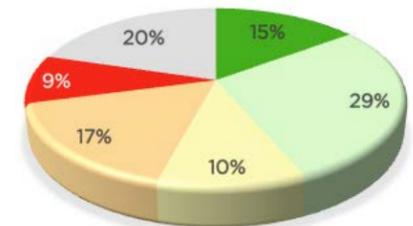
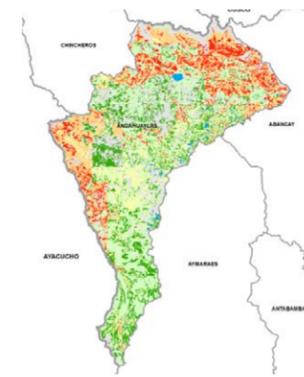
CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI	DEPARTAMENTO DE APURÍMAC
FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019	



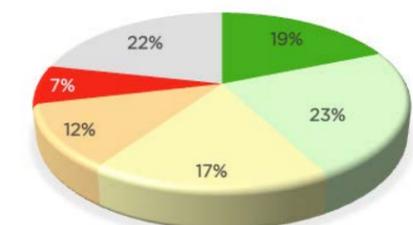
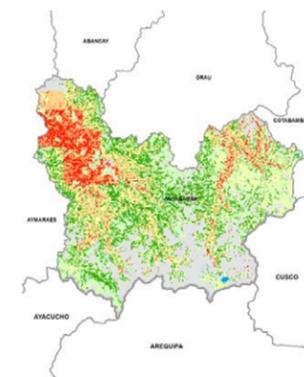
CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE ABANCAY



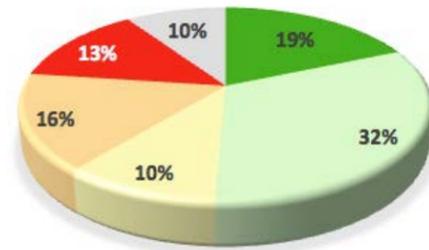
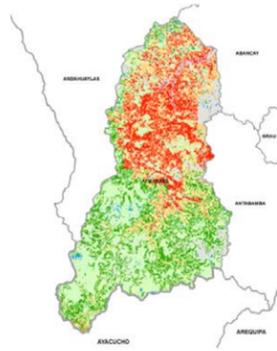
CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS



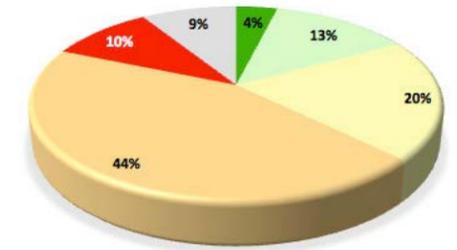
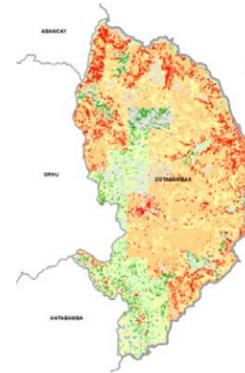
CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE ANTABAMBA



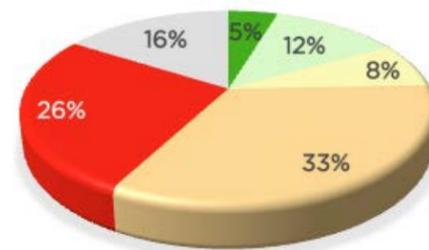
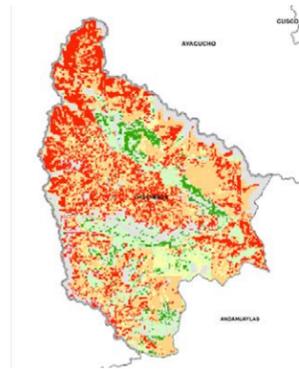
CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE AYMARAES



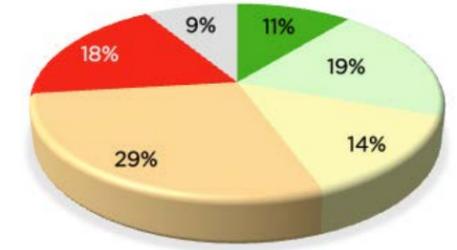
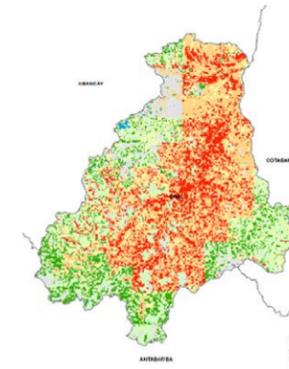
CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE COTABAMBAS



CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE CHINCHEROS



CONDICIONES FAVORABLES DE INCENDIOS DE LA PROVINCIA DE GRAU



CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURIMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

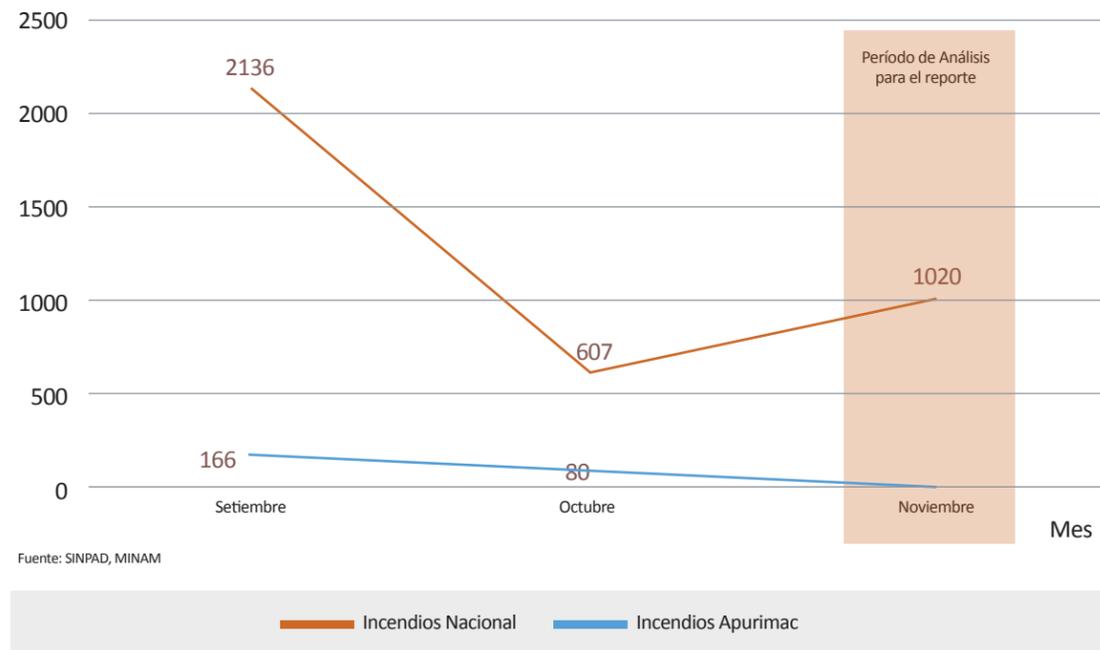
DEPARTAMENTO DE APURIMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

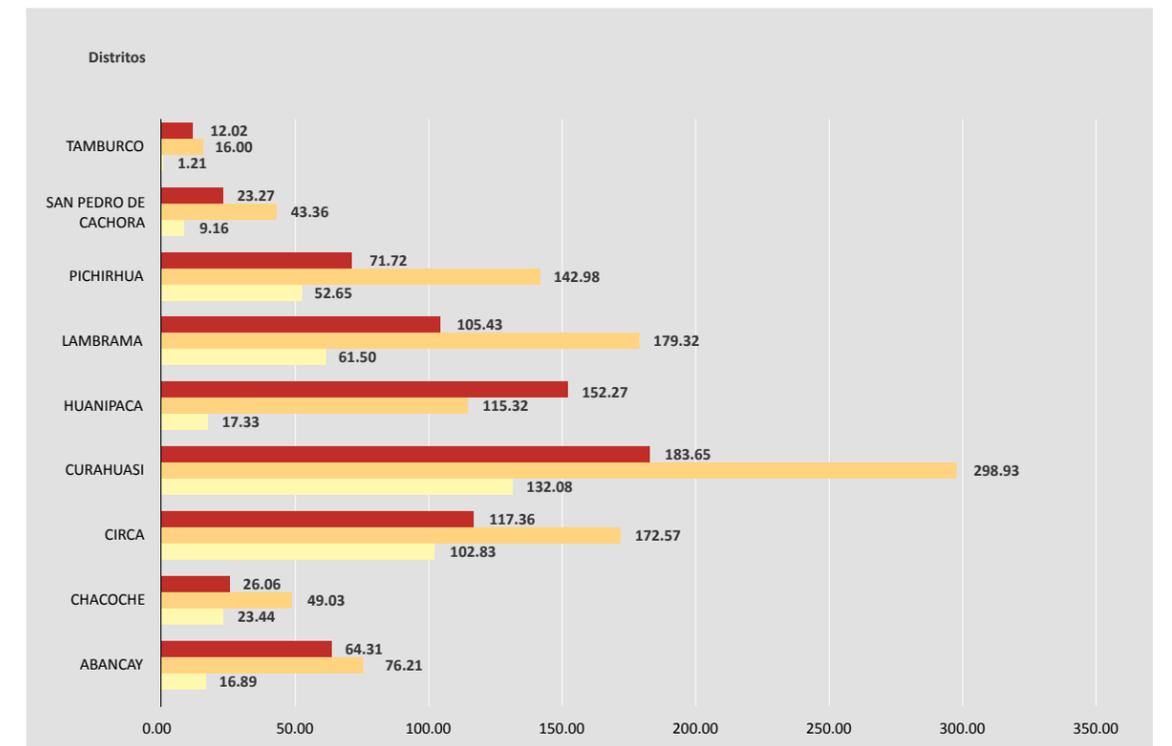
Datos del Reporte

Fecha del Reporte: Octubre 2019
 Vigencia: Hasta Noviembre de 2019
 Entidad Generadora: Ministerio del Ambiente Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental

Registro Histórico de Incendios a Nivel Mensual (2000 - 2019)
 (Departamento de Apurimac Vs. Nivel Nacional)



PROVINCIA DE ABANCAY **DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO**

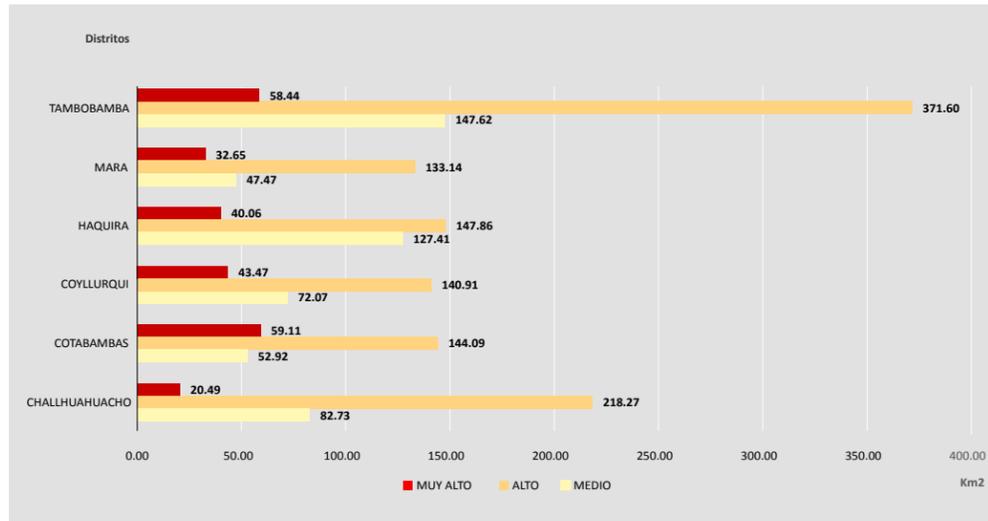


CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

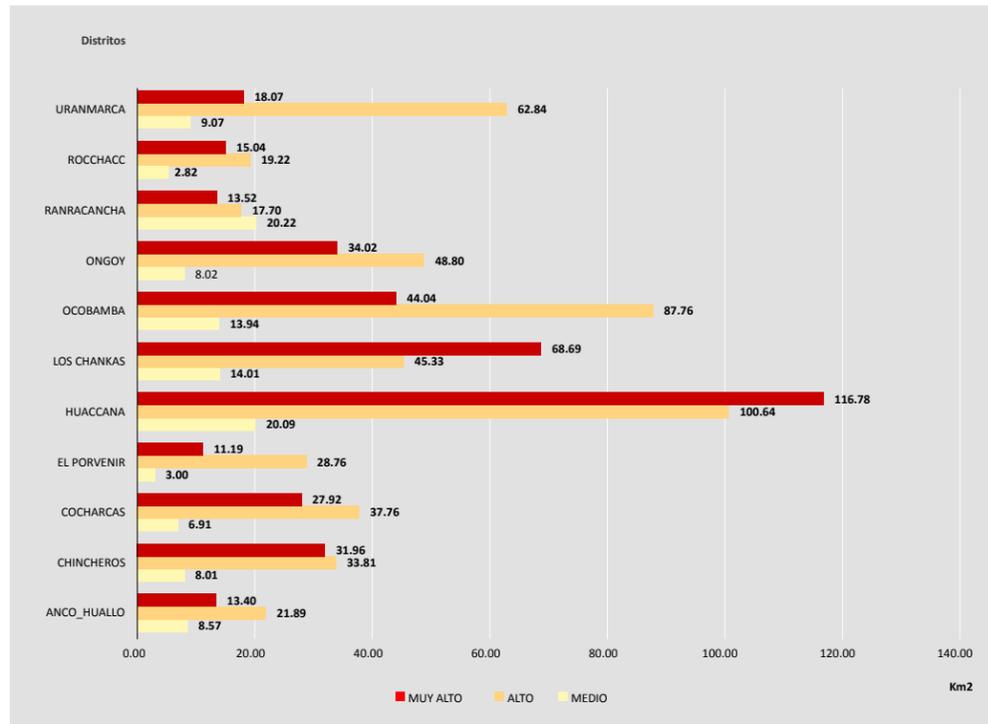
DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

PROVINCIA DE COTABAMBAS DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO



PROVINCIA DE CHINCHEROS DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO

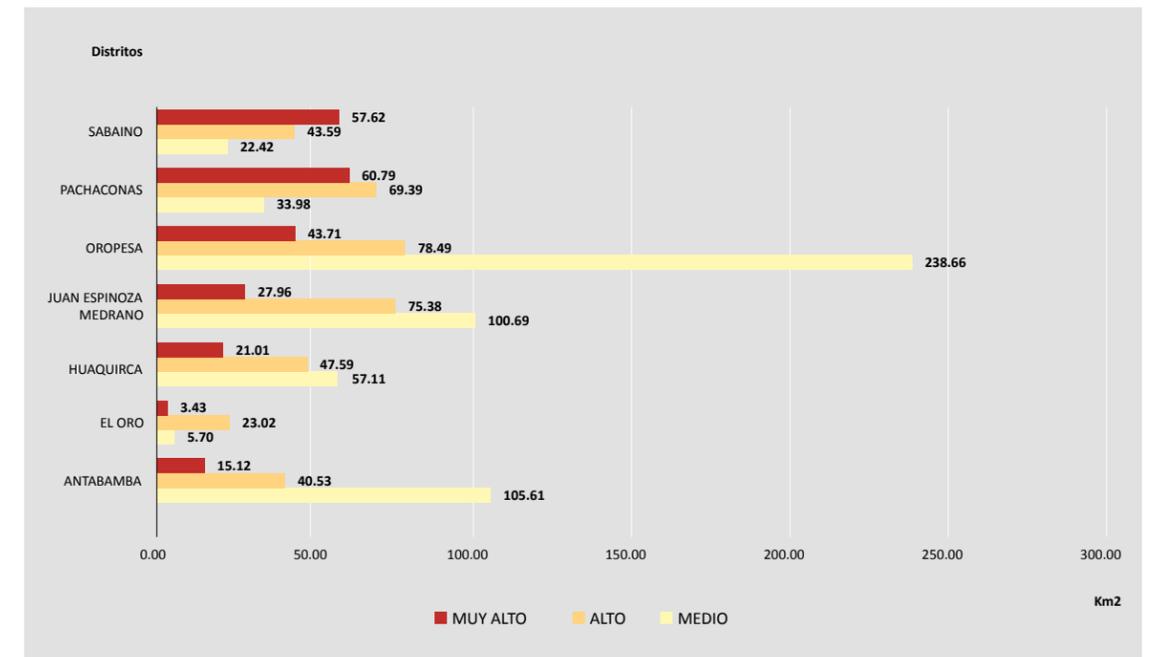


CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

PROVINCIA DE ANTABAMBA DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO



CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

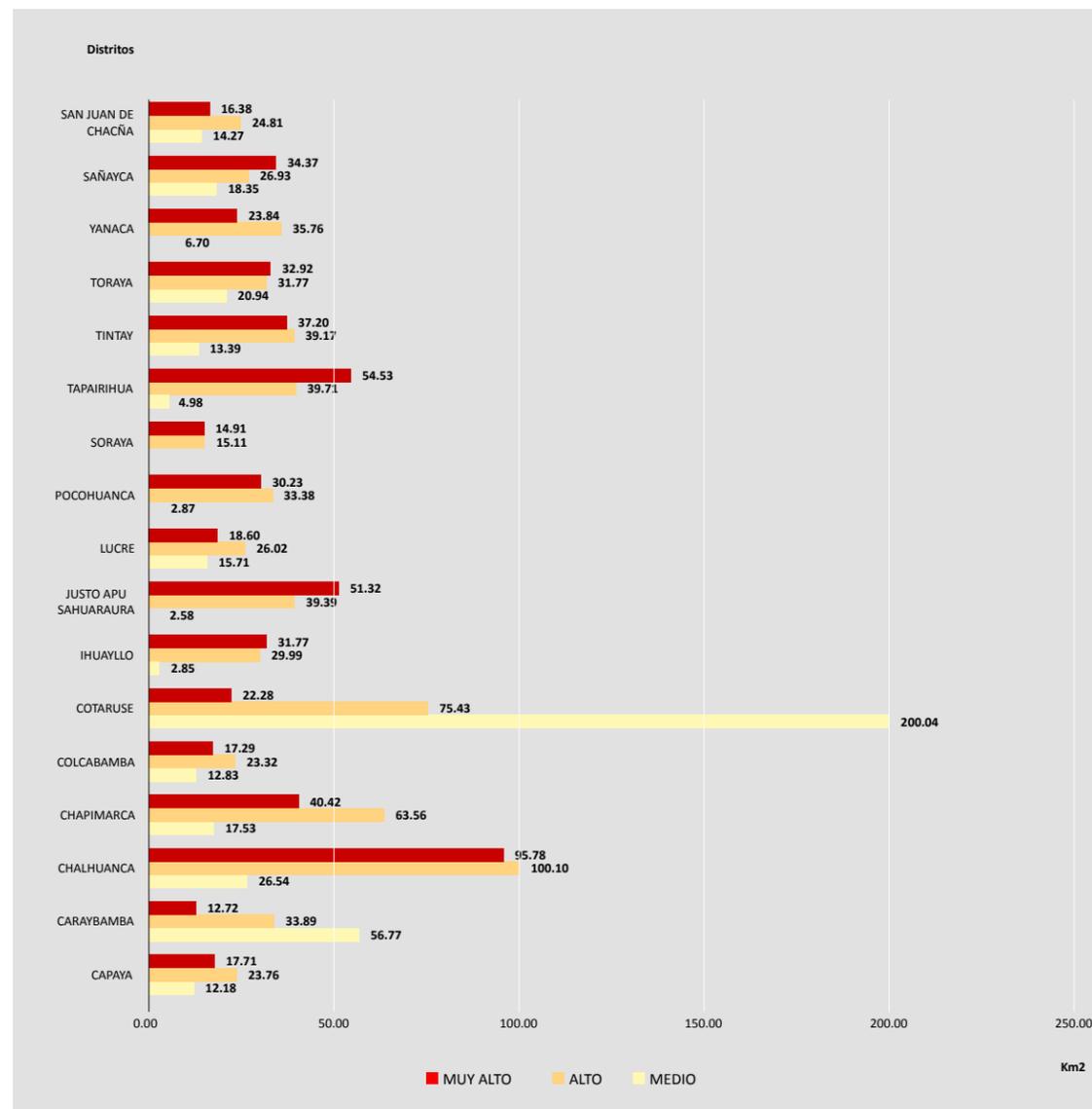
FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

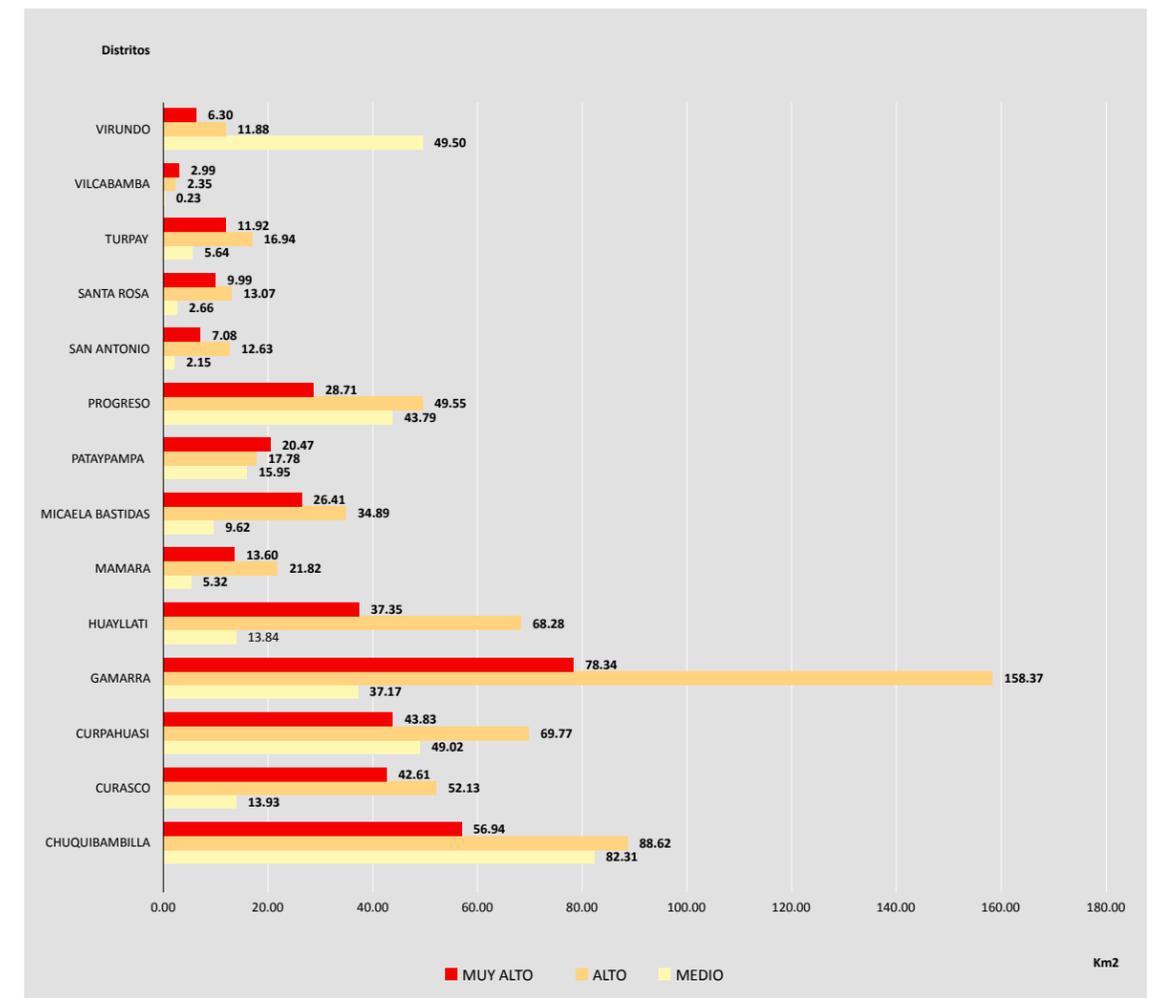
DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

PROVINCIA DE AYMARAE **DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO**



PROVINCIA DE GRAU **DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO**



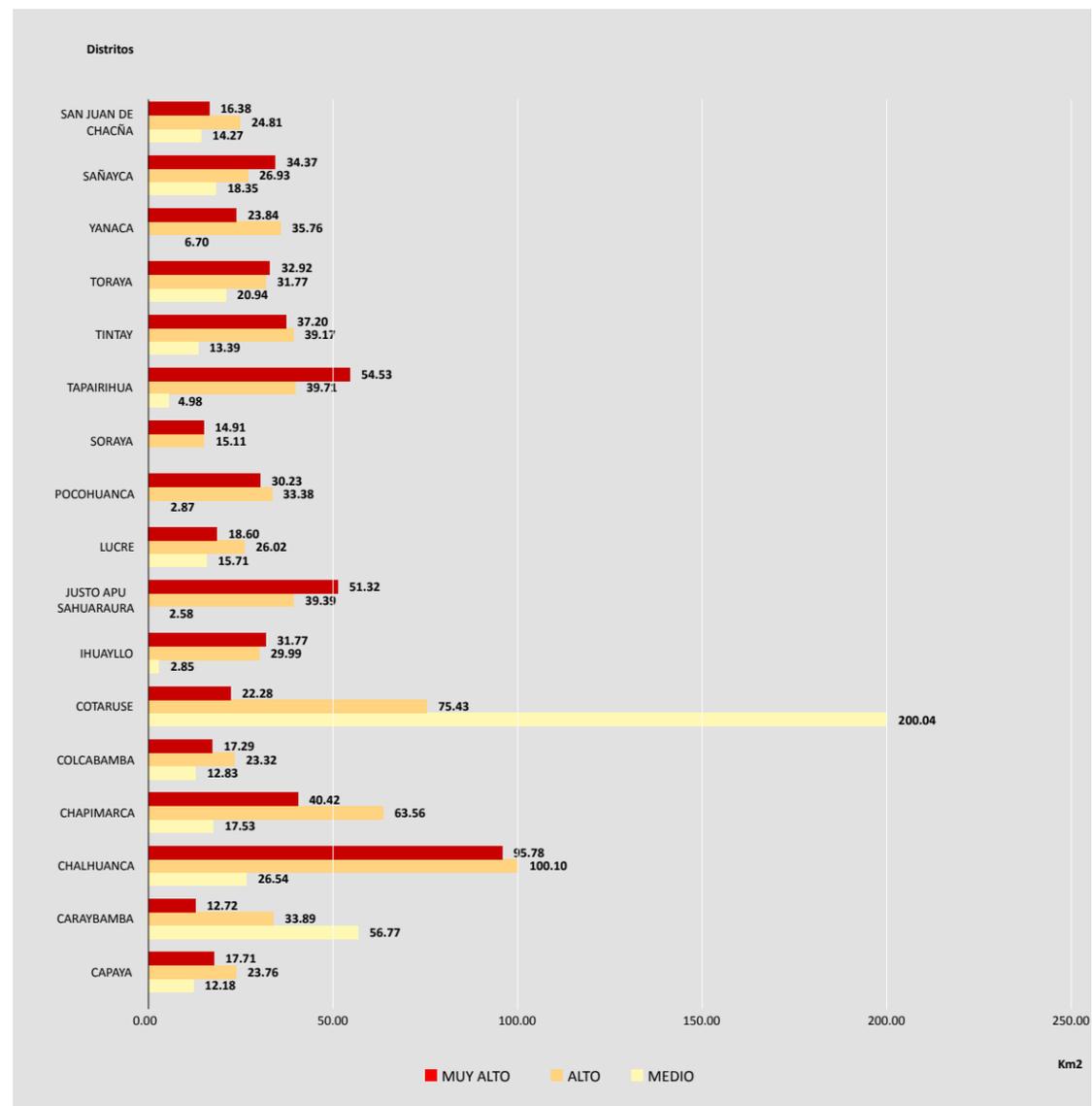
CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

PROVINCIA DE AYMARAE

DISTRITOS QUE PRESENTAN CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL NIVEL MEDIO, ALTO y MUY ALTO

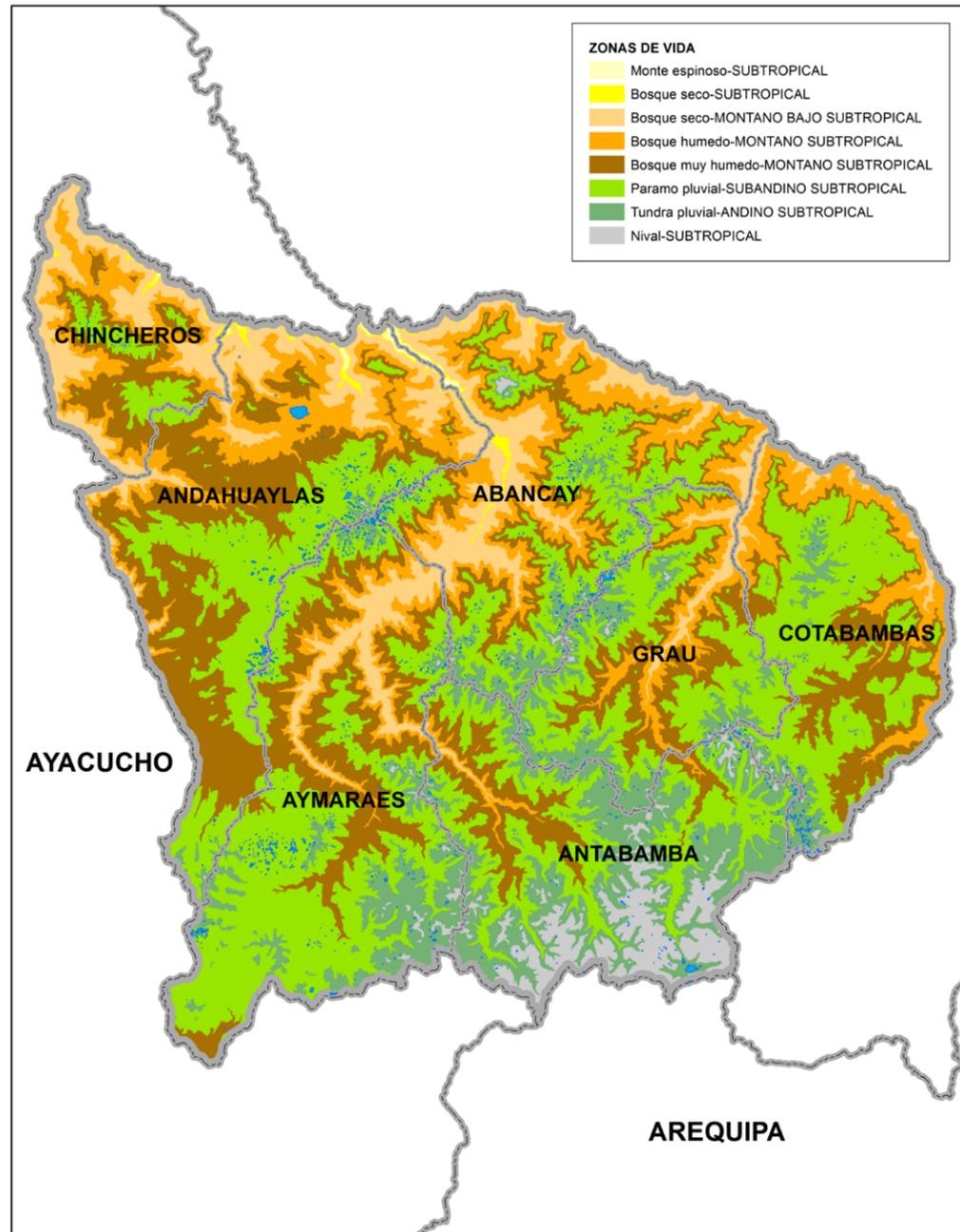


Incendio forestal ocurrido en la zona de amortiguamiento de las Areas Naturales Protegidas del Complejo Vilcabamba –Parque Nacional Otishi y Reserva Comunal Ashaninka.

CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

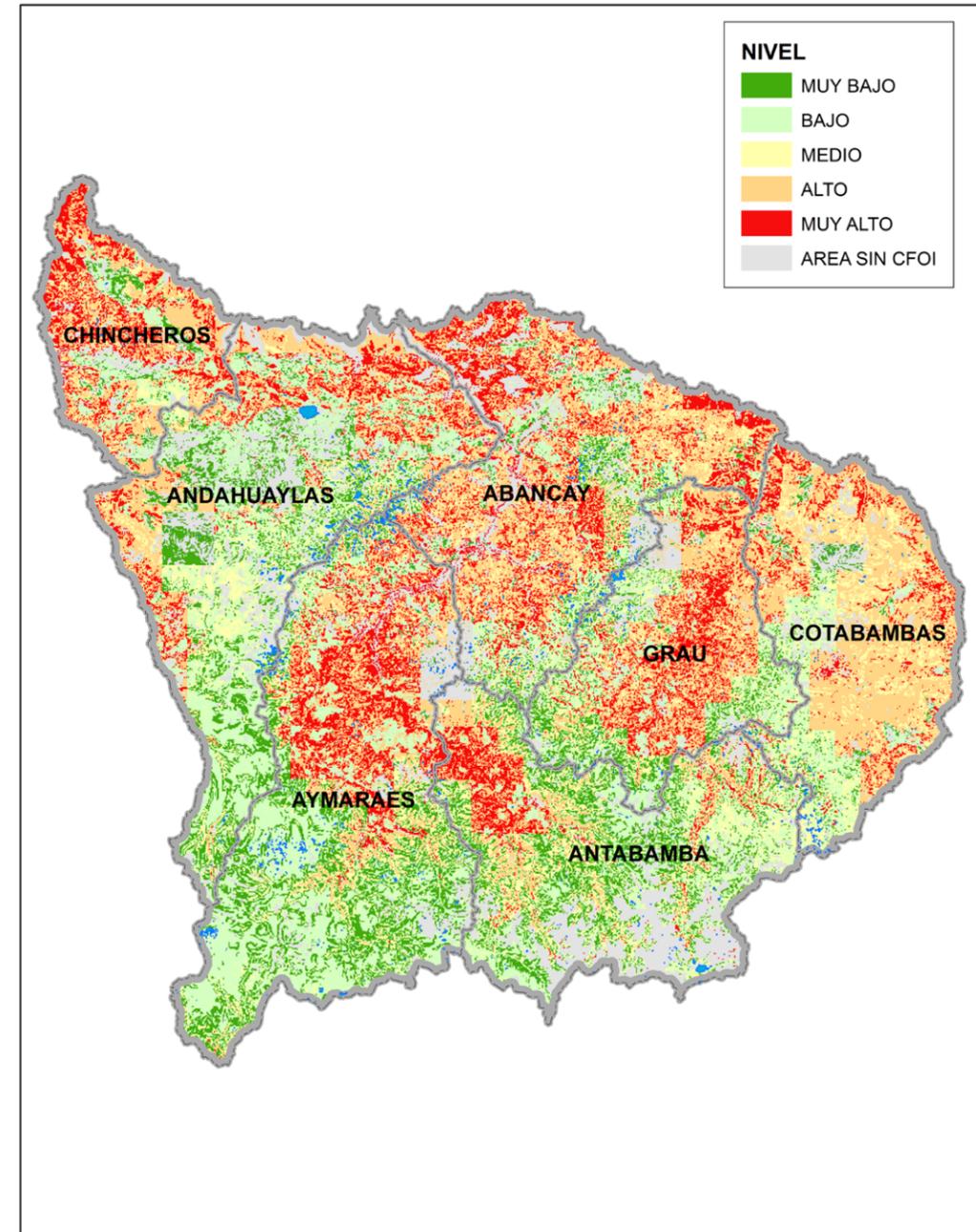
FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019



CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

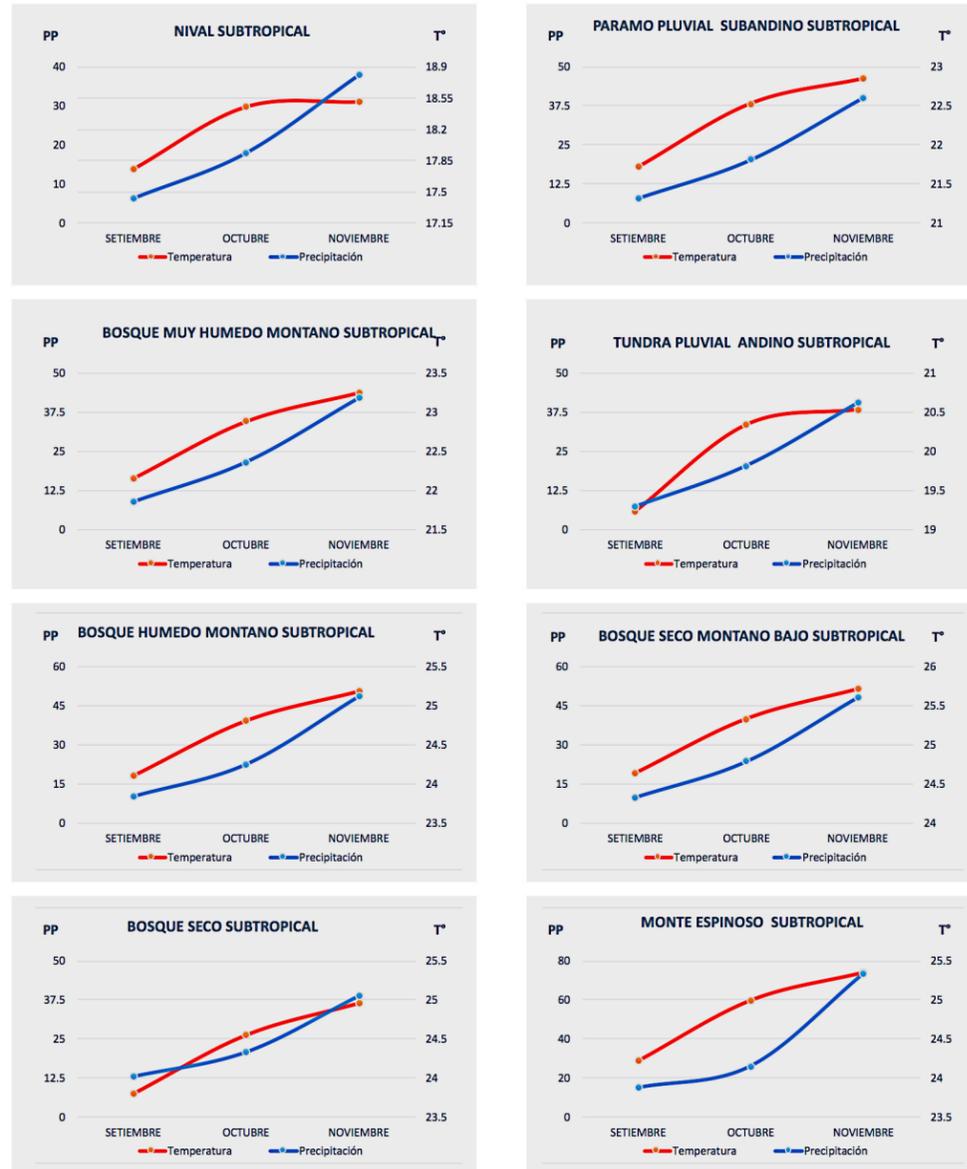
FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019



CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CFOI

FECHA DE VIGENCIA: NOVIEMBRE 2019

DEPARTAMENTO DE APURIMAC



Interpretación:
 Las condiciones favorables del mapa están referidas para el período Setiembre - Octubre, esta información tiene vigencia hasta Noviembre, considerando el siguiente análisis de la temperatura máxima y precipitación para las zonas de vida Nival, Paramo Pluvial Subandino, Bosque húmedo y muy húmedo montano, tundra pluvial andino, bosque seco montano bajo, bosque seco y monte espinoso de la Región Subtropical.
 En las zonas de vida bosque seco montano bajo, bosque seco, monte espinoso, Bosque húmedo montano de la Región Subtropical, se observa el incremento de las precipitaciones y los niveles de temperatura aún se mantienen, por lo tanto, las condiciones para la ocurrencia de incendios persisten en este periodo.

Anexo 2

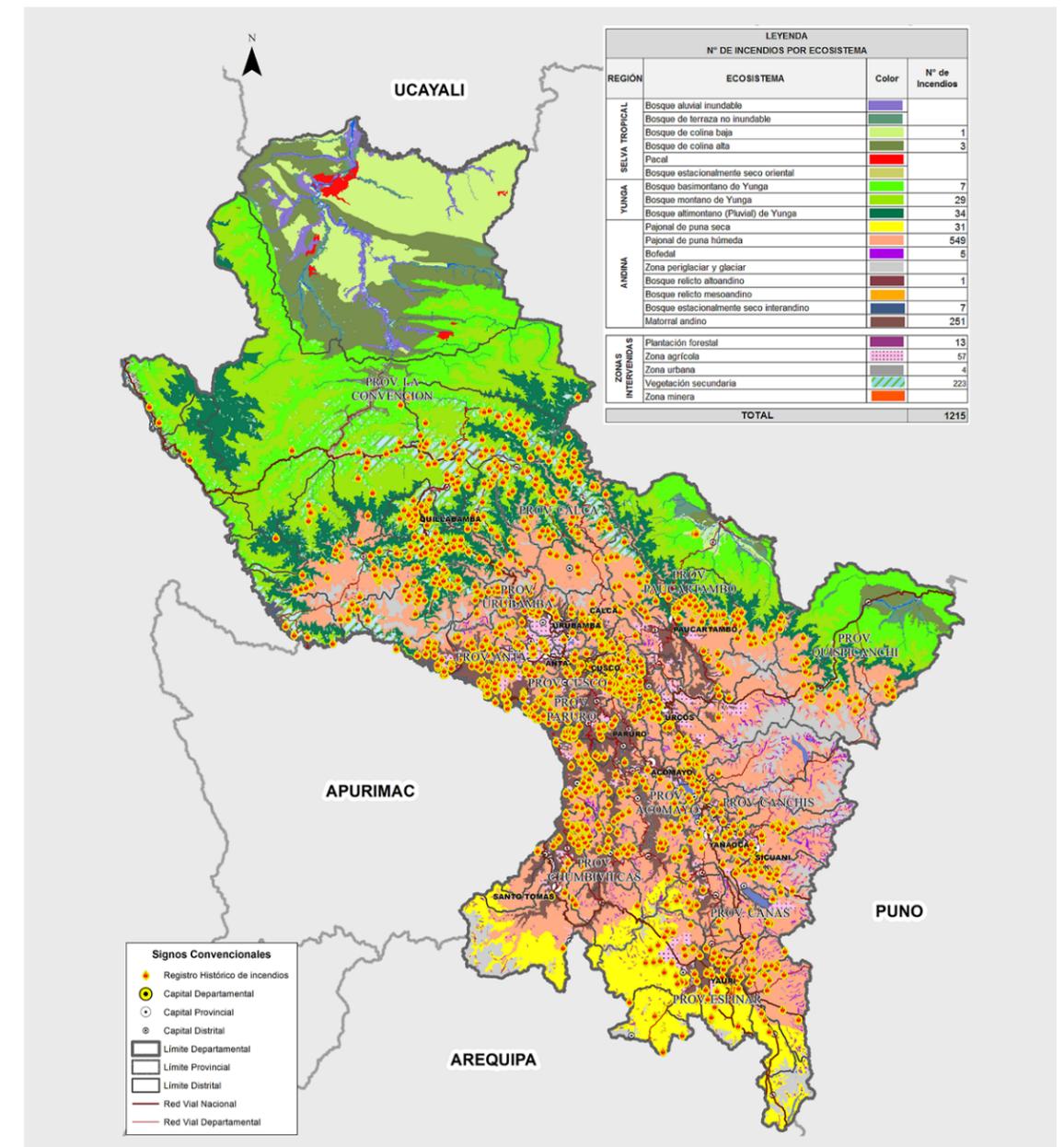
REPORTE DE REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS A NIVEL REGIONAL

(Caso región Cusco - octubre 2019)

REPORTE REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL

ACONTECIDOS DESDE EL 2000 AL 15 DE OCTUBRE DEL 2019

DEPARTAMENTO DE CUSCO



REPORTE
REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL

ACONTECIDOS DESDE EL 2000 AL 15 DE OCTUBRE DEL 2019

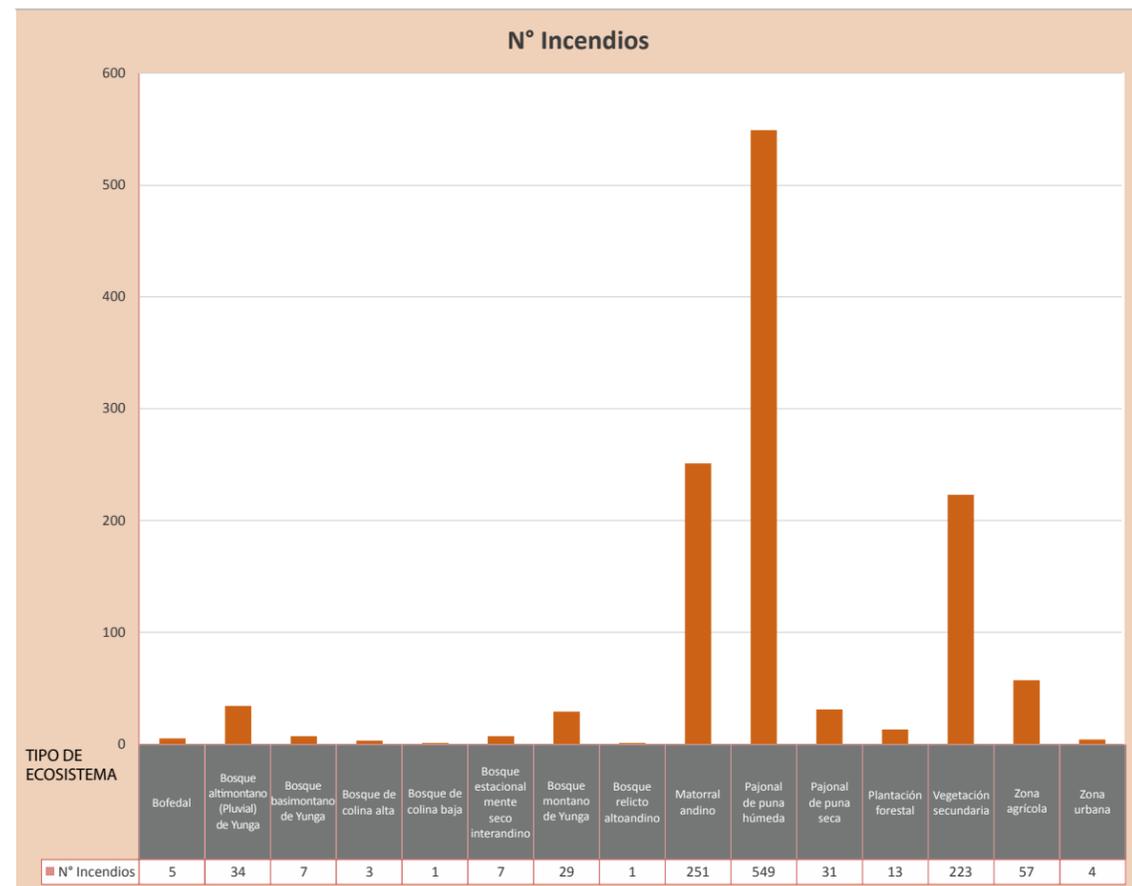
DEPARTAMENTO DE CUSCO

REPORTE
REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL

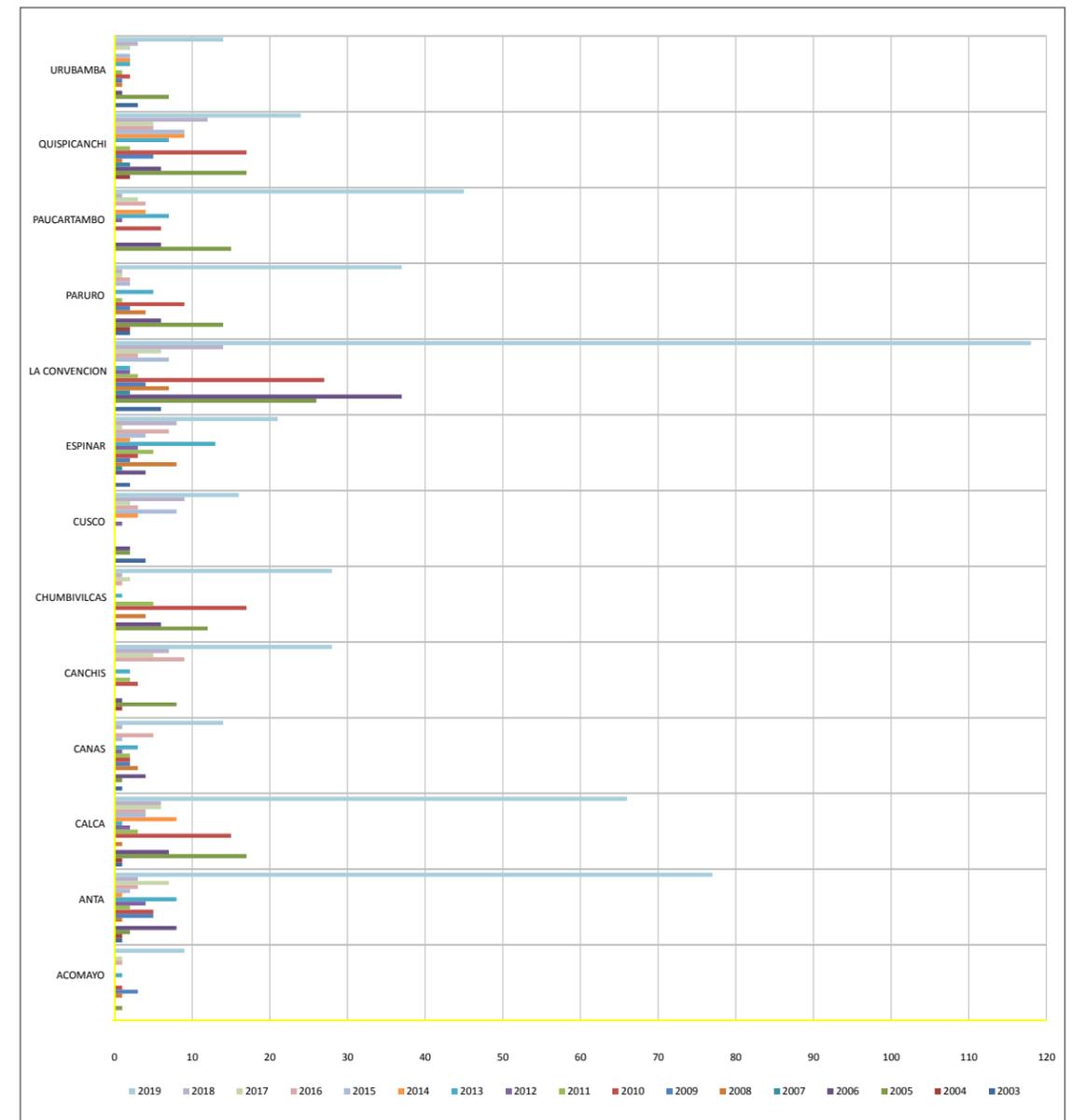
ACONTECIDOS DESDE EL 2000 AL 15 DE OCTUBRE DEL 2019

DEPARTAMENTO DE CUSCO

ECOSISTEMAS AFECTADOS POR LA OCURRENCIA DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL DESDE EL AÑO 2000 AL 15 DE OCTUBRE DE 2019



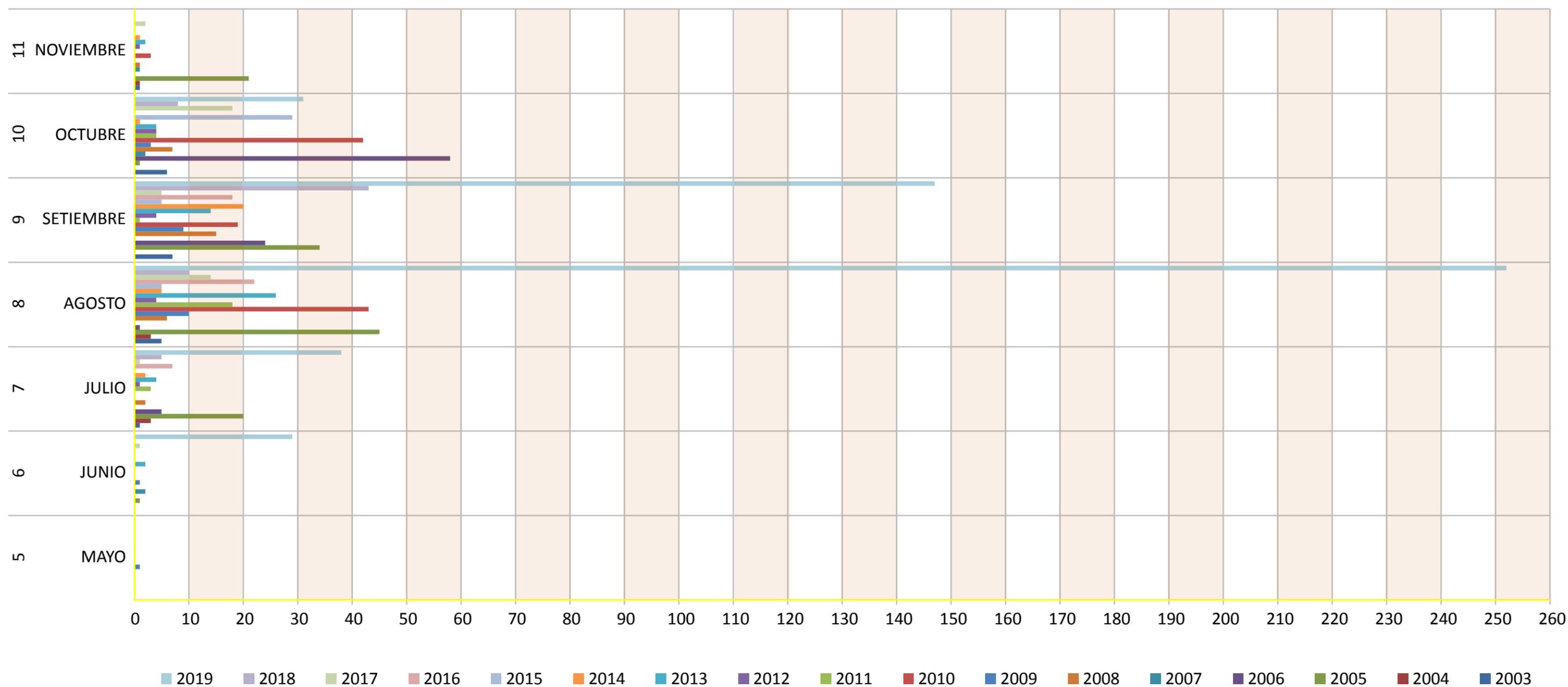
N° DE INCENDIOS POR PROVINCIA DE MAYOR INCIDENCIA





REPORTES
REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS SOBRE LA COBERTURA VEGETAL
 DEPARTAMENTO DE CUSCO
 ACONTECIDOS DESDE EL 2000 AL 15 DE OCTUBRE DEL 2019

N° DE INCENDIOS POR MESES DE MAYOR INCIDENCIA



100

101

Anexo 3

Servicio de Monitoreo de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI Acerca del GEOSERVIDOR MINAM

El Geoservidor es una plataforma tecnológica con información geoespacial especializada y de utilidad práctica sobre la situación ambiental del territorio, que el Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental, pone al servicio de las autoridades de los diferentes niveles de gobierno, los investigadores y académicos, la sociedad civil organizada y los ciudadanos en general.

La información disponible en el Geoservidor proviene del monitoreo y la evaluación permanente del territorio y sus recursos naturales, la cual puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones, la planificación y el desarrollo técnico de políticas públicas de gestión territorial, así como para la

construcción de conocimiento técnico-académico y como medio de consulta sobre condiciones ambientales o territoriales que pueden afectar la vida y el desarrollo sostenible de los ciudadanos

Se puede acceder de manera rápida, a través de los aplicativos del servicio de consultas, a información referente al servicio de monitoreo de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal - CFOI, entre otras iniciativas que contribuyen al monitoreo de los recursos naturales del territorio, los cuales se acceden mediante el siguiente enlace:

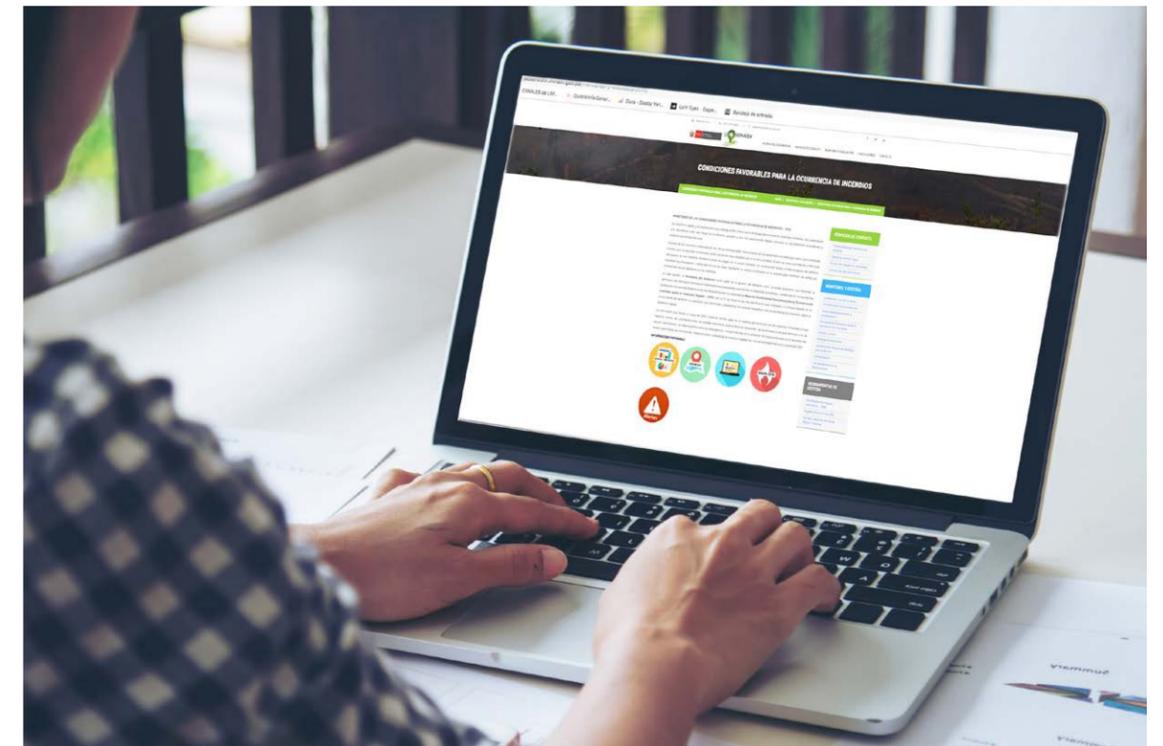
<https://geoservidor.minam.gob.pe/informacion-institucional/acerca-del-geoservidor/>

Servicio de Monitoreo de las Condiciones Favorables para la Ocurrencia de Incendios sobre la Cobertura Vegetal - CFOI

Este servicio es una plataforma interoperable y actualizada, que brinda información a las diferentes instituciones del estado y a la ciudadanía en la temática de incendios sobre la cobertura vegetal. A través de un lenguaje sencillo, brinda información de las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios sobre la cobertura vegetal y el registro de incendios que viene presentándose desde el año 2000 a la fecha; los resultados están

plasmados en mapas interactivos y mapas digitales para impresión, así como reportes y estadísticas, entre otras aplicaciones. Se encuentra alojado en una base de datos georreferencial y publicado para la consulta y toma de decisiones el siguiente enlace del Geoservidor MINAM:

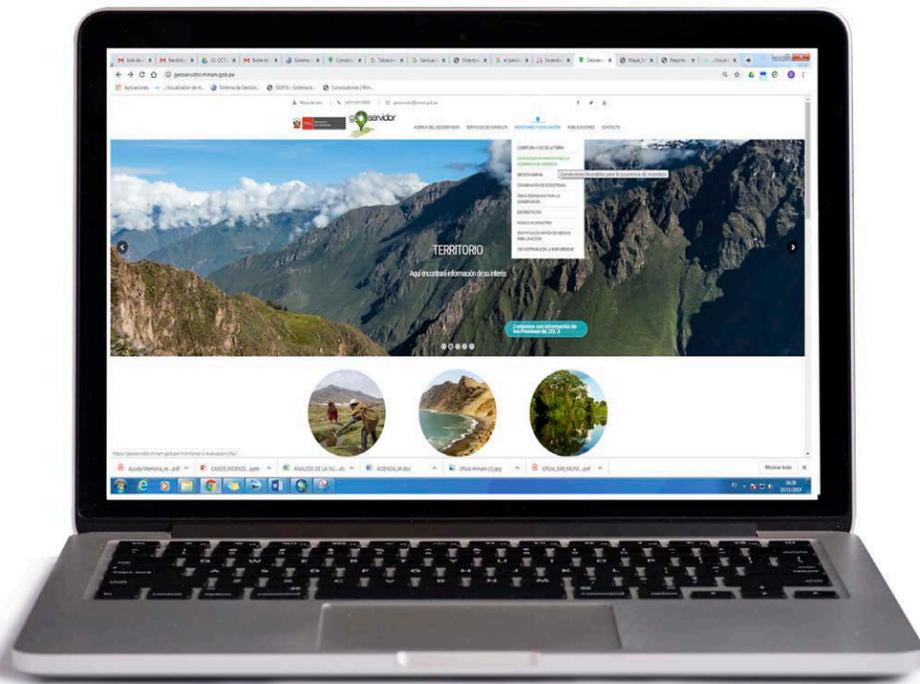
<https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/cfoi/>



Información disponible:

La información que brinda el servicio de monitoreo - CFOI, es de libre acceso y puesta a disposición según se indica en gráfico del anexo "aplicativos para el servicio de monitoreo de las CFOI": (1) Mapas y reportes

con datos estadísticos a nivel regional y provincial, actualizado mensualmente y puesto a disposición para la consulta y toma de decisiones según necesidad del usuario, (2) CFOI visor SIG, mapa interactivo para la



superposición de capas y consulta según interés del usuario, (3) Registro Histórico, actualización permanente a partir de los reportes de emergencia del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación - SINPAD, complementado con reportes periodísticos y publicaciones en redes sociales para consolidar un universo de incidencias, y posteriormente corroborar con imágenes satelitales,

(4) mapa CFOI, mapa de condiciones favorables para la ocurrencia de incendios CFOI nivel nacional en formato pdf y en formato raster para la aplicación según necesidad del usuario, alertas (5) aplicación para el acceso y registro de incidencias de incendios.

Aplicativos para el servicio de monitoreo de las CFOI



1

2

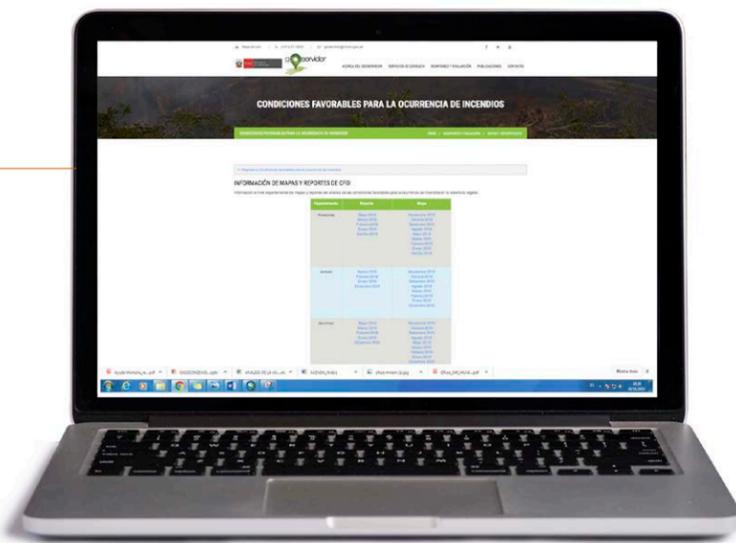
3

4

5

Fuente: elaboración propia

1



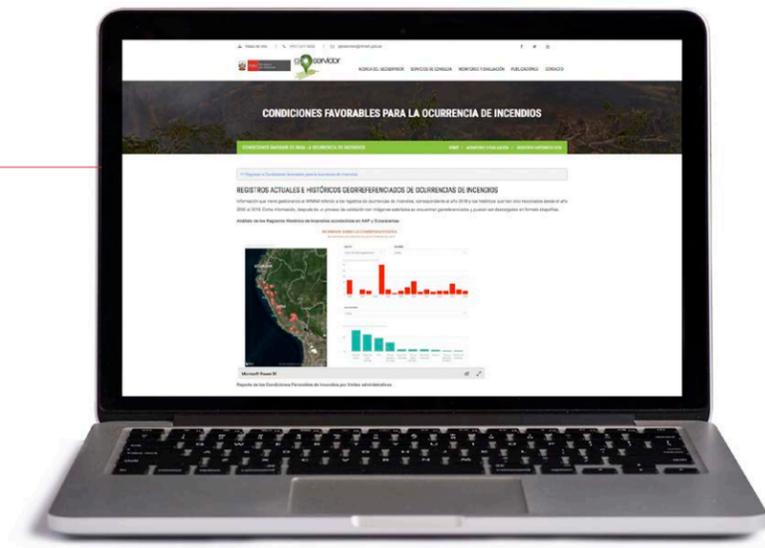
<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/mapas-y-reportes-cfoi/>

2



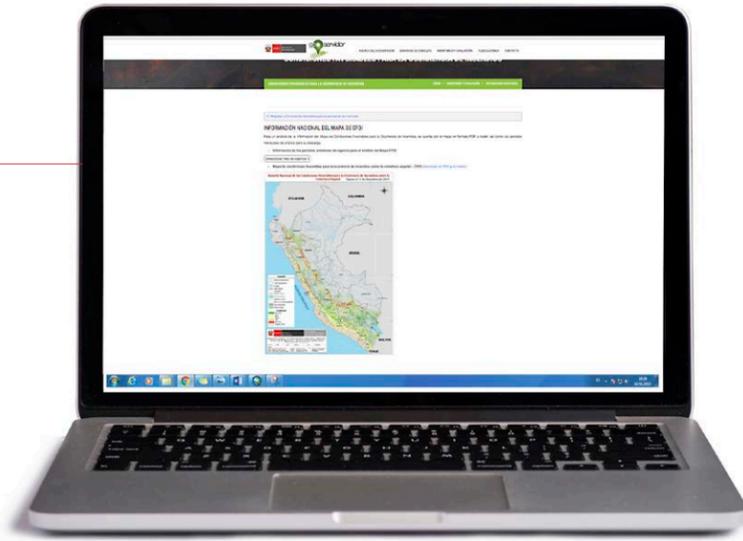
<http://geoservidorperu.minam.gob.pe/cfoi>

3



<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>

4

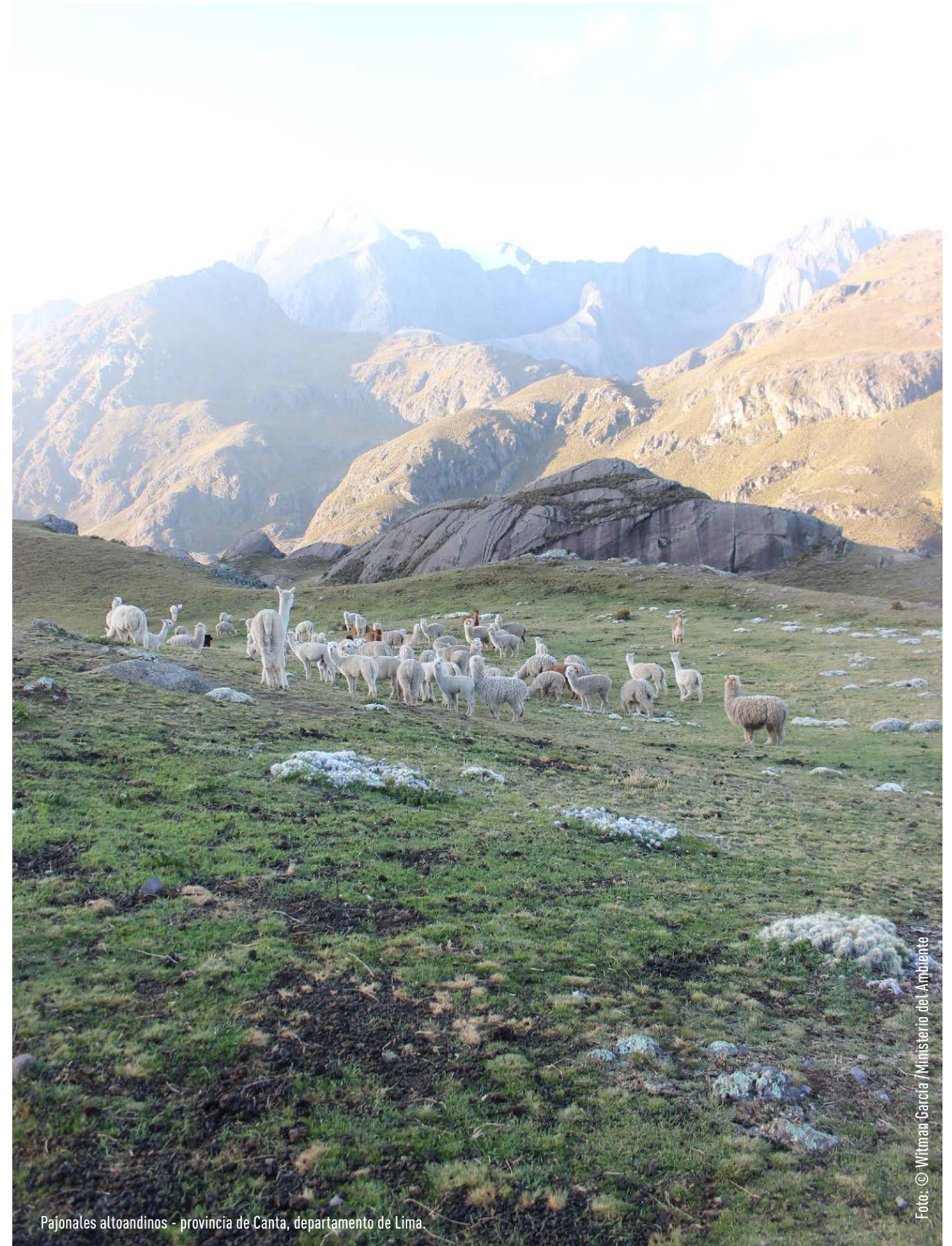


<http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/informacion-mapa-cfoi/>

5



<http://geoservidor.minam.gob.pe/consultas/zee4/registro.html>



Pajonales altoandinos - provincia de Canta, departamento de Lima.

Foto: © Witman García / Ministerio del Ambiente



Vista del nevado Huascarán desde el distrito de San Miguel de Aco.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

EL PERÚ PRIMERO

Ministerio del Ambiente

Av. Antonio Miroquesada 425
Magdalena del Mar, Lima - Perú
(511) 611-6000
www.gob.pe/minam